

OBJECT RECOGNITION METHOD AND OBJECT RECOGNITION DEVICE

Publication number: JP2002083297

Publication date: 2002-03-22

Inventor: SHIMANO MIHOKO; NAGAO KENJI; AKIMOTO TOSHIKI; NARUOKA TOMONOBU

Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Classification:

- international: G01B11/00; G01B11/24; G01B11/245; G06K9/62; G06K9/68; G06T1/00; G06T7/00; G08G1/16; G01B11/00; G01B11/24; G06K9/62; G06K9/68; G06T1/00; G06T7/00; G08G1/16; (IPC1-7): G01B11/00; G01B11/24; G06T7/00; G06T1/00; G08G1/16

- European: G06K9/62F3M

Application number: JP20010139052 20010509

Priority number(s): JP20010139052 20010509; JP20000194199 20000628

Also published as:

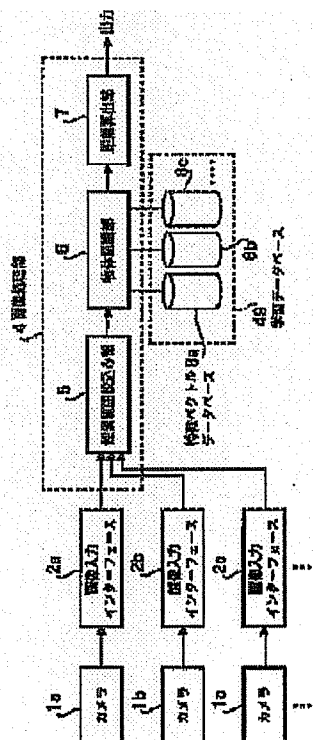
EP1179803 (A2)
US7031496 (B2)
US2002001398 (A1)
EP1179803 (A3)
EP1179803 (B1)

more >>

Report a data error here

Abstract of JP2002083297

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an object recognition method and a device therefor for practical use, which can make compatible both high image processing efficiency and high object recognition accuracy. **SOLUTION:** In this method, image data obtained through photography by plural cameras 1a-1c is inputted to a common image-processing part 4 via image input interfaces 2a-2c. In the image-processing part 4, a search range extraction part 5 narrows down a search range to an area, in which an object is probably present. An object recognition part 6 executes pattern matching on a model of the object registered in a database 49, to detect a kind or a position of the object. The database 49 is divided into three databases 8a, 8b, 8c corresponding to the cameras 1a-1c, for example, and is changed over interlockingly with the used camera 1a-1c. A distance calculation part measures the distance to the object in three-dimensional space.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-83297

(P2002-83297A)

(43)公開日 平成14年3月22日(2002.3.22)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
G 0 6 T 7/00	3 0 0	G 0 6 T 7/00	3 0 0 F 2 F 0 6 0
1/00	3 1 5	1/00	3 1 5 5 B 0 6 7
	3 3 0		3 3 0 B 5 H 1 8 0
G 0 8 G 1/16		G 0 8 G 1/16	C 5 L 0 9 6
// G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	H

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 29 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-139052(P2001-139052)

(22)出願日 平成13年5月9日(2001.5.9)

(31)優先権主張番号 特願2000-194199(P2000-194199)

(32)優先日 平成12年6月28日(2000.6.28)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000003821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 島野 美保子

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1

号 松下技研株式会社内

(72)発明者 長尾 健司

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1

号 松下技研株式会社内

(74)代理人 100105050

弁理士 鷲田 公一

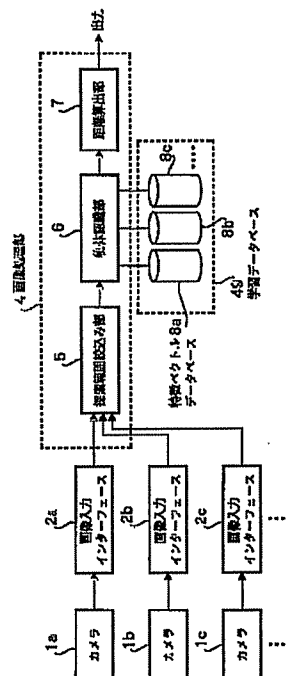
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体認識方法および物体認識装置

(57)【要約】

【課題】 画像処理の効率と物体認識の精度とを両立させて、実用に耐える物体認識方法と装置を提供すること。

【解決手段】 複数台のカメラ1a~1cで撮影して取得した画像データを、画像入力インタフェース2a~2cを介して共通の画像処理部4に入力する。画像処理部4では、探索範囲抽出部5が、物体が存在するであろう領域に探索範囲を絞り込む。物体認識部6において、データベース49に登録されている物体のモデルとのパターンマッチングを行い、物体の位置や種類を検出する。データベース49は、例えば、カメラ1a~1cに対応して3つのデータベース8a、8b、8cに分割されており、使用するカメラに連動してデータベースも切り換えられる。距離算出部は、3次元空間における物体までの距離を測定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数台のカメラにより撮影された各々の画像を共通の画像処理装置に入力し、前記画像の各々についてパターンマッチング処理を行い、前記画像の各々中に存在する物体についての情報を取得する物体認識方法であって、
入力された前記画像の中から、前記物体の探索を行なう範囲を絞り込むステップと、
前記複数台のカメラの各々に対応して設けられている複数のデータベースを切り換えて使用して前記パターンマッチング処理を行なうステップと、
を含むことを特徴とする物体認識方法。

【請求項2】 請求項1において、
前記複数のデータベースの各々は、一つの物体を、その物体までの距離を異ならせながら前記複数のカメラの各々で撮影し、その撮影により得られた画像データに基づいて取得されるモデルに関する画像データを、前記物体までの距離と対応付けして前記複数のデータベースの各々に登録することにより作成されることを特徴とする物体認識方法。

【請求項3】 請求項1において、
前記複数のデータベースの各々は、前記複数台のカメラのいずれかに対応すると共に、そのデータベースを使用するための個別の条件にも対応して作成されることを特徴とする物体認識方法。

【請求項4】 複数台のカメラにより撮影した画像の各々について、物体認識処理を行なう物体認識方法であって、
あらかじめ、前記複数台のカメラの各々で複数の物体を撮影することにより取得された画像データに、所定の物体の特徴を抽出するための特徴抽出行列を乗算して得られる複数の特徴ベクトルが登録されている、前記複数台のカメラの各々に対応する複数のデータベースを用意するステップと、
前記複数台のカメラのいずれかにより撮影された画像中で、物体探索を行なう範囲を絞り込むステップと、
前記探索範囲内の画像データに、前記特徴抽出行列を乗算することによって、撮影した画像についての特徴ベクトルを求めるステップと、
求められた前記特徴ベクトルと、前記物体探索を行なう範囲の絞り込みがなされた画像を撮影したカメラに対応するデータベースに登録されている、前記複数の特徴ベクトルの各々とを照合して類似度を判定するステップと、
を含むことを特徴とする物体認識方法。

【請求項5】 請求項4において、
前記データベースには、クラス分けされた物体毎の画像データの代表値に、前記特徴抽出行列を乗算して得られる、複数の代表特徴ベクトルが登録されることを特徴とする物体認識方法。

【請求項6】 複数台のカメラにより撮影した画像の各々について、物体認識処理を行なう物体認識装置であって、
物体のモデルに関するモデルデータが登録されている、前記複数台のカメラの各々に対応付けされている複数のデータベースと、
前記複数台のカメラのいずれかにより撮影された画像中で、物体の探索範囲を絞り込む探索範囲絞り込み部と、
前記探索範囲内の画像データと、この画像データを撮影したカメラに対応する前記データベースに登録されている前記モデルデータとを照合し、前記画像データにおける、前記モデルデータに対して最も高い類似度を示す部分を検出することによって画像中の物体を検出する物体認識部と、
を有することを特徴とする物体認識装置。

【請求項7】 請求項6において、
前記複数のデータベースの各々は、前記複数台のカメラのいずれかに対応すると共に、そのデータベースを使用するための個別の条件にも対応して作成されていることを特徴とする物体認識装置。

【請求項8】 請求項6または請求項7において、
前記複数のデータベースの中から、使用するデータベースを選択するデータベース選択部を、さらに有する物体認識装置。

【請求項9】 コンピュータを、
複数台のカメラのいずれかにより撮影された画像中で、物体の探索範囲を絞り込む探索範囲抽出手段と、
前記探索範囲内の画像データと、この画像データを撮影したカメラに対応するデータベースに登録されている物体のモデルに関するモデルデータとを照合し、前記画像データにおける、前記モデルデータに対して最も高い類似度を示す部分を検出することによって物体を認識する物体認識手段と、
して動作させるための物体認識プログラム。

【請求項10】 複数台のカメラの各々で複数の物体を撮影、または撮影環境毎に複数の物体を撮影することにより取得された画像データに、所定の物体の特徴を抽出するための特徴抽出行列を乗算して得られる複数の特徴ベクトルが登録される、前記複数台のカメラの各々、または撮影環境毎に対応する複数のデータベース。

【請求項11】 車に搭載される複数台のカメラにより撮影した画像の各々について物体認識処理を含む画像処理を行う車載用の物体認識装置であって、
物体のモデルに関するモデルデータが登録されている、前記複数台のカメラの各々に対応付けられている複数のデータベースと、
前記複数台のカメラのいずれかにより撮影された画像中で、物体の探索範囲を絞り込む探索範囲絞り込み部と、
前記探索範囲内の画像データと、その画像データを撮影したカメラに対応する前記データベースに登録されてい

る前記モデルデータとを照合し、前記画像データにおける、前記モデルデータに対して最も高い類似度を示す部分を検出することによって、画像中の物体を検出する物体認識部と、
を有することを特徴とする物体認識装置。

【請求項12】 請求項11において、前記複数のデータベースの各々は、前記複数のカメラのいずれかに対応すると共に、そのデータベースを使用するための個別の条件にも対応して作成されていることを特徴とする物体認識装置。

【請求項13】 請求項11または請求項12において、前記複数のカメラが搭載されている車両の動作状態を監視し、車両の動作状態に適合するように前記複数のカメラのいずれかを選択すると共に、選択されたカメラに対応するように、前記複数のデータベースを切り替えて使用することを特徴とする物体認識装置。

【請求項14】 請求項11～請求項13のいずれかにおいて、前記複数のカメラのいずれかで撮影した画像の情報、あるいは物体認識処理により得られた物体に関する情報を、車の運転者に提供するための情報提供部を、さらに有する物体認識装置。

【請求項15】 請求項14において、前記物体に関する情報の提供は、視覚に訴える態様、視覚以外の五感に訴える態様、あるいはこれらの組み合わせで、行なわれることを特徴とする物体認識装置。

【請求項16】 請求項11～請求項14において、前記複数のデータベースの各々に登録する物体のモデルに関するデータを、無線通信を利用して車両の外部よりダウンロードすることを可能としたことを特徴とする物体認識装置。

【請求項17】 請求項11において、前記複数のカメラのいずれかにより撮影された画像に画像処理を施し、その画像中に存在する物体までの、3次元空間における距離を測定する距離測定部を、さらに有することを特徴とする物体認識装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体認識方法および物体認識装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、高度道路交通システム（ITS：Intelligent Transport System）の開発が進んでいる。ITSにおいて使用される車は、エレクトロニクス技術を活用することにより高知能化され、かつ、安全性が格段に高められた先進安全自動車（ASV：Advanced Safety Vehicle）である。

【0003】先進安全自動車（ASV）は、車両の周囲の交通環境や路面状況を、カメラやセンサにより検出する

ことにより、安全運転を支援したり、事故を未然に回避したり、あるいは、事故被害を軽減する機能を備える。

【0004】このような先進安全自動車（ASV）の諸機能を実現するためには、自車に搭載されているカメラやセンサにより取得された情報をリアルタイムで処理し、接近しつつある他の車の存在や、その車までの距離などの情報を迅速に求めることが必要である。

【0005】また、自車の近くに位置する車や障害物までの距離を求めるためには、3次元的な画像処理が必要である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】3次元の画像処理を行なう場合、一般に計算量が膨大となり、処理遅延が問題となる。また、先進安全自動車（ASV）では、自車の周囲の環境を監視する必要があるため、複数のカメラ（その他、複数のセンサ）を搭載する必要がある。

【0007】カメラの数が増えるに従って、画像処理の対象となる情報量が飛躍的に増大する。また、画像処理装置に必要なメモリの容量も増大し、ハードウェア量の増大、コストアップを招く。

【0008】また、複雑な背景で物体を撮影して画像処理を行ない、その物体を認識し、かつ物体までの距離をリアルタイムで求めるには、かなりの困難を伴う。例えば、安易に、画解像度を低減し処理計算量やメモリ等を削減すると、物体の認識自体が困難となり、その物体認識の結果を用いて求められた距離の信頼性が問題となる。

【0009】本発明はこのような考察に基づいてなされたものであり、画像処理の効率（処理スピード）と、物体認識の精度や物体までの距離の測定等の精度を両立させ、実用に耐える物体認識方法および物体認識装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明では、複数のカメラに対して一つの画像処理装置を設ける構成とし、ハードウェア量を削減する。つまり、複数のカメラの各々で撮影することにより取得した画像情報を、共通の画像処理装置に入力する。

【0011】そして、画像処理装置では、入力された画像データと、データベースに登録されているモデルに関するデータとの照合（パターンマッチング）を行い、類似度を判定することにより、物体の存在位置や、物体の種類あるいは物体までの大まかな距離などを、きわめて高速に検出する。

【0012】データベースには、種々のモデルに関するデータが登録される。このとき、パターンマッチングの効率を向上させるために、複数のデータベースを設け、状況に応じて、使用するデータベースを適宜、使い分けする。

【0013】この場合、データベースを各カメラに対応

付けし、使用するカメラに応じて、データベースを切り換えるのが望ましい。また、データベースをカメラに対応させるのみならず、所定の条件（例えば、撮影が昼の晴天時に行われるという条件）にも対応させて、設けるようにすれば、データベース検索の効率とパターンマッチングの精度はさらに高まる。

【0014】なお、天候等の条件毎にデータベースを設ける、という基準のみで複数のデータベースを作成することもできる。

【0015】また、高速なパターンマッチングを行う方法としては、入力画像データに、予め取得してある特徴抽出ベクトルを乗算して、所定のモデルについての特徴を強調させた特徴ベクトルを得、データベースに登録されている、そのモデルの特徴ベクトルと比較する手法がある。

【0016】さらに、画像処理装置では、パターンマッチング処理を行う前に、まず、入力された画像の一部の領域に、物体の探索範囲を絞り込む処理をして、画像処理の対象となるデータ量を減らすのが望ましい。これにより、ハードウェアの負担を軽減することができると共に、さらなる高速処理が可能となる。

【0017】カメラの位置から認識された物体までの距離を測定する場合には、その物体を撮影した1台のカメラからの画像情報に基づき画像処理を実行し、物体の位置を、その物体が存在する構造物（物体が車ならば、道路が構造物となる）と関係づけて特定することにより、3次元空間における物体までの距離を検出する。これにより、ステレオ撮影を行わなくても、1台のカメラで、3次元空間における物体までの距離を測定することができる。

【0018】また、複数のカメラで撮影された画像情報や、パターンマッチングにより認識された物体の種類の情報（例えば、車の車種名）や、物体までの距離の情報などを、ユーザー（例えば、車の運転者）にリアルタイムで提供することで、ユーザーの作業負担を軽減したり、危険を事前に回避したりすることができる。ユーザーへの情報提供の態様としては、視覚に訴える態様の他、視覚以外の五感に訴える態様がある。

【0019】本発明によれば、複数のカメラより入力した画像を処理する画像処理装置を共通に使用することができ、取り扱う画像処理部の数が減って装置の処理負担が軽減される。また、物体の探索範囲の絞り込みを行なうことにより、処理対象となる画像データ量自体を削減することができ、よって処理が効率化される。

【0020】さらに、カメラ毎にデータベースを設けることにより、無駄なデータベースの検索をする必要がなくなり、パターンマッチング処理の高速化を図ることができる。また、無駄なデータベースの検索を行なう場合には、類似する部分がある他のモデルについて、あたかもマッチングしたかのように判断する確率（誤判定の確

率）も高くなる。したがって本発明のように、検索すべきデータベースが特定される場合には、それだけ、誤判定の確率も低減され、パターンマッチングの精度が向上する。

【0021】データベースに登録するモデルの情報に、その物体までの距離の情報を含ませておけば、パターンマッチングにより、物体までのおおよその距離も推定することができる。また、さらに高精度の距離測定を行なう場合には、1台のカメラで撮影した画像のみで3次元空間における物体までの距離を測定することができる距離測定部により、物体までの正確な距離を求めることができる。

【0022】また、正確な距離の測定が1台のカメラにより撮影した画像に基づいて行なえるので、ステレオ撮影の必要はなく、各カメラは、それぞれ別の方向に向けることができる。よって、カメラが取り付けられる車両の周囲の画像を、より広範囲に渡って取得することができる。

【0023】従って、本発明によれば、リアルタイム性と信頼性とを兼ね備えた、実用的な物体認識方法と物体認識装置を提供することが可能となる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して具体的に説明する。

【0025】（実施の形態1）図28は、本発明の実施の形態1にかかる物体認識装置の構成を示すブロック図である。図示されるように、この物体認識装置は、複数のカメラ1a、1b、1c…と、画像入力インターフェース2a、2b、2c…と、探索範囲抽出手段5、物体推定手段6、距離算出手段7、各カメラに対応した学習統合情報特徴ベクトルデータベース8a、8b、8cを備える画像処理手段4とを有する。

【0026】画像入力インターフェース2a等には、カメラ1a等により撮影された画像信号が入力される。探索範囲抽出手段5は、入力された画像データに基づき、画像内に物体が存在しそうな領域を求めて探索範囲を絞り込む。また、物体推定手段6は、探索範囲抽出手段5により求められた領域情報に基づき、その探索範囲内で物体の画像中の位置や種類、あるいは物体までの距離を推定する。距離算出手段7は、物体推定手段6によって求められた物体の画像中の位置情報に基づき、実空間における物体までの距離を算出して測定結果を出力する。

【0027】以上のように構成された物体認識装置について、以下、各部の動作（各部の機能）を説明する。ここで特に重要なのは、複数のカメラからの信号をあらかじめ学習された物体のモデルのデータベースを各カメラ毎に登録しておき、画像処理手段で各カメラ毎にデータベースを切り換えて計算を行う動作である。

【0028】複数のカメラ1a～1cからの各々の画像は、画像入力インターフェース2a～2cを介して画像

処理手段4に入力する。カメラは、例えば車の前右向きカメラ、前左向きカメラ、後側方左向きカメラというように配置する。

【0029】次に画像処理手段4の動作説明をするが、各カメラ1a～1cからの画像入力インターフェース2a～2cを介して入力し、複数カメラから入力された各々の画像について、以下の処理を行うものである。

【0030】探索範囲抽出手段5の探索範囲の絞り込みは、装置負担の軽減や迅速な処理を目的に、全画像範囲から、物体が存在する確率が極めて高いと推定される範囲を求める処理である。

【0031】例えば、物体の存在する画像内の位置があらかじめ知られている場合、その存在する範囲を探索範囲とする。但し、この方法に限定されるものではなく、その他の絞り込み方法を適用することもできる。

【0032】例えば、オプティカルフロー法を利用するものである。オプティカルフロー法を利用した領域検出は、例えば文献(“動画像処理による後側方監視”, 宮岡他, 第4回画像センシングシンポジウム講演論文集, pp. 351-354)に示されるものがある。

【0033】すなわち、カメラ、物体の双方が動いている場合を想定すると、カメラから見れば、相対的に物体も背景も動いていることになるが、背景と物体とでは、動き方とスピードが異なるため、その動きの違いに着目して物体が移動しているであろう領域を絞り込むことが可能である。この場合には、絞り込みの精度が高くなる。

【0034】このようにして探索範囲抽出手段5の探索範囲の絞り込みは、検出された領域を矩形で表し、その頂点の座標を領域情報として出力する。

【0035】次に、物体推定手段6において、画像における物体位置、種類、物体までの距離推定動作について説明する。

【0036】物体推定手段6は、探索範囲抽出手段5から送られてくる領域情報によって特定される探索範囲内において物体の正確な位置等を推定し、その結果を位置情報として距離算出手段7に送る働きをする。

【0037】画像中における物体位置等を特定する手法としてはいくつかあるが、例えば、図29に示される、あらかじめ登録されたモデルとの類似度を判定する方法は、検出精度が高く、好ましいものである。この方法は、パターン認識技術を利用するものであり、図29に物体推定手段の詳細なブロック構成図を示す。図中、参照符号47は学習手段であり、また、参照符号50は学習統合情報データベースである。この学習統合情報データベース50には、車両のモデルをクラス毎に分類して、その結果を学習統合情報として格納しておくものである。

【0038】また、特徴抽出行列算出手段48は、クラス内が最もまとまり、かつ、クラス間が最も分離される

ような特徴抽出行列を算出し、保持する。学習統合情報特徴ベクトルデータベース49は、図示はされていないが各カメラ毎に特徴抽出行列を用いて算出された、学習統合情報特徴ベクトルのクラス毎の平均をそれぞれ格納している。図29中、点線の矢印は、学習段階における手順であることを示す。

【0039】このような状態で、データ入力部40から探索範囲内の画像データを入力する。情報作成部41は、入力画像から部分の情報を取り出して1次元ベクトルを作成する。情報統合部42では、作成された各情報を単純に連結する。

【0040】特徴ベクトル抽出手段43では、各入力データについて、学習手段47で算出された特徴抽出行列を用いて特徴ベクトルを抽出する。入力統合情報判別手段44では、抽出された特徴ベクトルと、学習統合情報特徴ベクトルデータベース49から出力される特徴ベクトルとを比較して類似度を計算する。判定手段45では、入力統合情報判別手段44より入力された類似度のうち最も高い値を示す入力統合情報(および、そのクラス)を判定する。すなわち、最も類似度が高いと判定されたパターンの位置を車両位置の情報とする。同様に、最も類似度が高いと判定されたパターンの種類、距離も物体の情報とする。これらの判定結果は、結果出力部46から出力される。

【0041】この手順のフローを図30に示す。ここでは、クラスに分類した方法を説明したが、クラスに分類せずに個々のモデルとマッチングを取る方法、また特徴抽出を行わずに画像データとマッチングを取る方法もある。

【0042】画像中の物体の位置を求める方法は、これに限定されるものではなく、物体のエッジを利用する方法もある。エッジを利用した物体位置検出としては、例えば、特開平8-94320号公報「移動物体計測装置」に示されるものがある。これにより検出された位置を位置情報とする。

【0043】次に、実空間における物体までの距離を算出する方法について説明する。図1の距離算出手段7は、物体推定手段6において求められた物体の位置情報に基づき、物体までの実空間の距離を算出し、測定結果として出力する。物体までの距離を算出する具体的な方式の例を以下に示す。

【0044】第1の方式は、ステレオ画像を利用するものである。検出した物体の位置を基にして距離を算出するのに適した箇所(物体固有の箇所等)を求め、ステレオ画像中の対応する位置を求めることにより距離を算出し、測定結果とする。画像例を図31(a)、(b)に示す。

【0045】第2の方式は、平面からみた地面構造を利用して距離を求めるものである。この方法は、現実の地面の形状の情報を有効利用できる点、あるいは、計算方

法が比較的容易であり、測定精度も高い点で有効な方法である。すなわち、図32に示すように、まず、画像中の経路線32a、32bを検出し、これを基に実空間上の地面構造を復元する。復元の方法は例えば文献(“局所平面近似による道路形状復元”，渡辺他，情報処理学会研究報告CV62-3)に示されるものがある。

【0046】次に、物体が存在する領域が、その両端の経路線が知られている経路内とする。この時、検出した物体の位置に対応する左右の経路線位置(参照符号51、52)を求め、この位置から地面構造の復元に基いた実空間における位置の検出により距離を算出し、測定結果とする。図33に経路線の画像例を示す。

【0047】第3の方式は、レーザーレーダを利用するものである。検出した物体の位置を基にして距離を算出するのに適した箇所(物体固有の箇所)を求め、レーザーレーダによりその位置に対する距離を算出し、測定結果とする。

【0048】第4の方式は、カメラから検出物体までの間の地面は水平であるという仮定を用いるものである。図34に示すように、カメラのパラメータ(焦点距離 f 、レンズ中心の高さ h 、水平方向からカメラ光軸への角度 θ)は既知として、画像面72における、検出された物体位置を(i_x, i_y)とすると、下記の(数1)により、実空間における位置75が求まる。

(数1)

$$P_x = (h \cdot i_x) / (f \cdot \sin \theta - i_x \cdot \cos \theta)$$

$$P_y = (h \cdot i_y) / (f \cdot \sin \theta - i_x \cdot \cos \theta)$$

$$P_z = (h \cdot f) / (f \cdot \sin \theta - i_x \cdot \cos \theta)$$

この位置より距離 L が算出され、これが測定結果となる。

【0049】なお、物体を車両、カメラを車載カメラとすることにより自車の周囲に存在する車両の検出と認識、及び距離を算出するための車両認識装置を実現することができる。

【0050】なお、距離算出にあたっては、地面構造を道路構造、経路線を白線とし、また、物体固有の箇所を例えば車両のナンバープレートとすることができる。

【0051】このように、本発明では、複数カメラより入力した各々の画像について、その中に物体が存在する領域に探索範囲を絞り込む探索範囲抽出手段と、前記探索範囲内においてあらかじめ物体のモデルのデータベースをそれぞれのカメラ毎に登録しておき、前記探索範囲内の対象と前記カメラ毎に登録された物体のモデルとの間で最も類似度の高い物体の画像中の位置、種類、あるいは距離を推定する物体推定手段と、前記検出位置を基に物体までの実空間の距離をそれぞれ算出する距離算出手段とを備えたものである。

【0052】これにより、複数のカメラより入力した画

像を処理する画像処理手段を共通することができ、取り扱う画像処理手段の数が減って装置の処理負担が軽減される。また、処理手段数の削減によって処理が効率化され、かつ、パターン認識などを用いた位置検出等により精度良く物体の推定を行える。

【0053】従って、本発明は、これらの相乗効果によって、物体までの距離を正確に算出することもでき、実用的な物体認識方法と装置を提供することが可能となる。

【0054】本発明では、以下のような種々の態様が考えられる。

【0055】本発明の一つの態様では、複数カメラから入力された各々の画像について、物体が存在する領域に探索範囲を絞り込み、前記探索範囲内において、あらかじめ物体のモデルのデータベースをそれぞれのカメラ毎に登録しておき、前記探索範囲内の対象と前記カメラ毎に登録された物体のモデルとの間で最も類似度の高い物体の画像中の位置、種類や物体までの距離を推定し、前記検出位置を基に物体までの実空間における距離をそれぞれ算出するもので、あらかじめカメラ毎に登録されているモデルとのマッチングを行なって物体の位置を判定する共通の処理部を通して精度の高い画像処理を行なうため、効率と認識精度とを両立できるという作用を有する。

【0056】また、本発明の他の態様では、画像中の物体位置の検出は、あらかじめ物体のモデルをクラスに分類してデータベースに登録しておき、前記探索範囲内の対象と前記物体のクラスの代表との間で最も類似度の高い位置を、画像中の物体位置とする。あらかじめ登録されているクラスの代表とのマッチングを行なって物体の位置を判定するもので、正確な位置判定が可能となるという作用を有する。

【0057】また、本発明の他の態様では、画像中の物体種類の推定は、あらかじめ物体のモデルをクラスに分類してデータベースに登録しておき、前記探索範囲内の対象と前記物体のクラスの代表との間で最も類似度の高い種類を、画像中の物体の種類とするもので、あらかじめ登録されているクラスの代表とのマッチングを行なって物体の種類を判定することにより、正確な種類判定が可能となるという作用を有する。

【0058】また、本発明の他の態様では、画像中の物体までの距離の推定は、あらかじめ物体のモデルを距離別にクラスに分類してデータベースに登録しておき、前記探索範囲内の対象と前記物体のクラスの代表との間で最も類似度の高い距離を、画像中の物体までの距離とするもので、あらかじめ登録されているクラスの代表とのマッチングを行なって物体の距離を判定することにより、正確な距離判定が可能となるという作用を有する。

【0059】また、本発明の他の態様では、複数カメラからの画像について、各々の画像中の物体の推定には、

あらかじめ登録しておいたモデルのデータベースを入れ替えるだけで、前記探索範囲内の対象と前記物体のモデルあるいはクラスの代表との間で最も類似度の高い推定結果を、画像中の物体の推定結果とするもので、共通の処理手段の中でデータベースを入れ替えるだけなので、効率と認識精度を両立できるという作用を有する。

【0060】また、本発明の他の態様では、複数カメラからの画像について、各々の画像中の物体の推定に際しては、あらかじめ各々のカメラに対応するモデルを1つのデータベースに登録しておき、前記探索範囲内の対象と前記物体のモデルあるいはクラスの代表との間で最も類似度の高い推定結果を、画像中の物体の推定結果とするもので、複数カメラについて1つのデータベースにまとめているため、共通の処理手段を用いることができ、効率と認識精度を両立できるという作用を有する。

【0061】本発明の他の態様では、画像中の物体の推定は、登録したデータベースから求めた特徴抽出行列と、前記特徴抽出行列からその代表特徴量とを求めておき、前記探索範囲内の対象と前記特徴抽出行列を用いて特徴量を算出し、前記代表特徴量との間で最も類似度の高い推定結果を、画像中の物体の推定結果とするもので、あらかじめ登録されているデータベースとのマッチングを行なって物体の推定をすることにより、正確な物体推定が可能となるという作用を有する。

【0062】本発明の他の態様では、複数カメラからの画像について、各々の画像中の物体の推定は、登録したデータベースから求めた特徴抽出行列と、前記特徴抽出行列から求めておいた代表特徴量とを入れ替えるだけで、前記探索範囲内の対象と前記特徴抽出行列を用いて特徴量を算出し、前記代表特徴量との間で最も類似度の高い推定結果を、画像中の物体の推定結果とするもので、共通の処理手段の中で特徴抽出行列と代表特徴量とを入れ替えるだけなので、効率と認識精度を両立できるという作用を有する。

【0063】本発明の他の態様では、複数カメラからの画像について、各々の画像中の物体の推定は、あらかじめ各々のカメラに対応するモデルを1つにまとめて登録したデータベースから求めた特徴抽出行列と、前記特徴抽出行列から代表特徴量とを求めておき、前記探索範囲内の対象と前記特徴抽出行列を用いて特徴量を算出し、前記代表特徴量との間で最も類似度の高い推定結果を、画像中の物体の推定結果とするもので、複数カメラについて1つにまとめたデータベースから求めた特徴抽出行列と代表特徴量ため、共通の処理手段を用いることができ、効率と認識精度を両立できるという作用を有する。

【0064】本発明の他の態様では、複数カメラより入力した各々の画像について、その中に物体が存在する領域に探索範囲を絞り込む探索範囲抽出手段と、前記探索範囲内においてあらかじめ物体のモデルのデータベースをそれぞれのカメラ毎に登録しておき、前記探索範囲内

の対象と前記カメラ毎に登録された物体のモデルとの間で最も類似度の高い物体の画像中の位置、種類、あるいは距離を推定する物体推定手段と、前記検出位置を基に物体までの実空間の距離をそれぞれ算出する距離算出手段とを備えたもので、効率的かつ精度良い物体の認識を行い、正確な物体までの距離を推定することにより、実用性ある物体認識装置が実現されるという作用を有する。

【0065】本発明の他の態様では、物体推定手段は、あらかじめ登録されている物体のモデルと前記探索範囲内の対象との類似度を調べ、最も類似度の高い推定結果を物体の推定結果とするもので、これにより、効率的かつ精度良い物体の認識を行い、正確な物体までの距離を推定できる、実用性ある物体認識装置が実現されるという作用を有する。

【0066】本発明の他の態様では、カメラを車載カメラ、物体を車両とするもので、共通の処理手段を通して精度の高い画像処理を行なうため、効率と認識精度とを両立できるという作用を有する。

【0067】本発明の他の態様では、カメラを車載カメラ、物体を車両とするもので、これにより、効率的かつ精度良い車両の認識を行い、正確な車両までの距離を推定できる、実用性ある車両認識装置が実現されるという作用を有する。

【0068】本発明の他の態様では、コンピュータにより物体認識を行うプログラムであって、複数カメラから入力された各々の画像について、物体が存在する領域に探索範囲を絞り込み、前記探索範囲内において、あらかじめ物体のモデルのデータベースをそれぞれのカメラ毎に登録しておき、前記探索範囲内の対象と前記カメラ毎に登録された物体のモデルとの間で最も類似度の高い物体の画像中の位置、種類や物体までの距離を推定し、前記検出位置を基に物体までの実空間における距離をそれぞれ算出する物体認識プログラムで、コンピュータに読み込み実行することにより、効率的かつ、精度良い物体の認識を行うことができるという作用を有する。

【0069】(実施の形態2) 図1は、本発明の実施の形態2にかかる物体認識装置の構成を示すブロック図である。

【0070】本実施の形態の物体認識装置の主な特徴は、異なる対象を撮影する複数台のカメラからの画像信号を、共通の(一つの)画像処理部に入力してハードウェア量を削減すること、画像処理部の前段部において、物体の探索範囲の絞り込みを行って処理すべき画像量を減少させ、処理スピードの向上を図ること、物体認識を、学習データベース(具体的には、特徴ベクトルデータベース)にあらかじめ登録されているモデルに関するデータ(具体的には、モデルの特徴ベクトル)とのマッチングにより行って、物体認識処理のスピードアップを図ること、および、学習データベースを、カメラ毎に設

け、使用するカメラに対応させて学習データベースを切換えて使用することにより、無駄な照合を防止し、照合処理の効率化と物体認識の精度を向上させることである。

【0071】図示されるように、この物体認識装置は、複数のカメラ1a、1b、1cと、画像入力インターフェース2a、2b、2cと、画像処理部4（探索範囲絞り込み部5と、物体認識部6と、距離算出部7とをもつ）と、カメラ1a～1cのそれぞれに対応した特徴ベクトルデータベース8a、8b、8cを備える学習データベース49と、を有する。

【0072】複数のカメラ1a～1cは、それぞれ別の方向を向いていて、別の対象を撮影する。つまり、複数台のカメラで同じ対象を撮影するというステレオ撮影用のカメラとは異なり、本実施の形態におけるカメラは、一台一台が独立に、異なる対象を撮影することができる。

【0073】一台のカメラの撮影で充分なのは、物体までの距離を測定する処理（物体の認識処理を前提として行なわれる）において、本実施の形態の画像処理装置4が、1台のカメラで撮影して得られる2次元の画像データに画像処理を施して、3次元空間における物体までの距離を算出することができるからである（この点については後述する）。

【0074】画像入力インターフェース2a～2cにはそれぞれ、カメラ1a～1cにより撮影された画像信号が入力され、ノイズ除去などの信号処理が行われる。

【0075】探索範囲絞り込み部5は、入力された画像データに基づき、画像内に物体が存在しそうな領域を求めて探索範囲を絞り込む。

【0076】また、物体認識部（物体推定手段）6は、探索範囲絞り込み部5により絞り込まれた探索範囲の領域内で、物体の画像中の位置や種類を認識し、可能ならば、さらに、物体までのおよその距離を推定する。物体の認識は、特徴ベクトル同士の類似度を判定することにより行う。

【0077】学習データベース49には、事前学習により取得された、各モデルの特徴ベクトルが格納されている。学習段階では、複数台のカメラ1a～1cを用いて種々の物体を撮影し、取得された画像の各画素のデータの濃度値の配列を1次元ベクトルとみなし、さらに、その1次元ベクトルの内容を解析することにより、その1次元ベクトルの特徴を示す特徴ベクトルを抽出し、種々のモデルについての特徴ベクトルを蓄積することによりデータベース（特徴ベクトルデータベース）を作成する。

【0078】ここで、注目すべきことは、各カメラ1a～1cの一つ一つに対応して、複数の特徴ベクトルデータベース（8a～8c）が設けられていることである。

【0079】距離算出部7は、物体認識部6によって求

められた物体の画像中の位置情報（2次元画像における物体の位置情報）に基づき、実空間（3次元空間）における物体までの距離を算出して測定結果を出力する。

【0080】以上のように構成された物体認識装置について、以下、各部の動作（各部の機能）を説明する。

【0081】特に、注目する点は、物体の認識処理において、画像処理の対象である画像データがどのカメラ（1a～1c）によって撮影されてかに対応させて、特徴ベクトルデータベース8a～8cを切換えることである。

【0082】複数台のカメラ1a～1cから入力される画像は、画像入力インターフェース2a～2cを介して画像処理部4に与えられる。

【0083】カメラ1a～1cは、例えば、車の前右向きカメラ、前左向きカメラ、後側方左向きカメラに対応する。

【0084】次に画像処理部4の各部の具体的な動作を説明する。

【0085】画像処理部4に含まれる各部5～7は、複数のカメラ1a～1cのそれぞれから入力された各々の画像について、以下の処理を行う。

【0086】探索範囲絞り込み部5による探索範囲の絞り込みは、装置負担の軽減や迅速な信号処理を目的に、全画像範囲から、物体が存在する確率が極めて高いと推定される範囲を求める処理である。

【0087】例えば、物体の存在する画像内の位置があらかじめ知られている場合、その存在する範囲を探索範囲とする。例えば、道路上を走行する車ならば、探索範囲を、道路上の空間に限定することが可能である。

【0088】但し、この方法に限定されるものではなく、その他の絞り込み方法を適用することもできる。

【0089】例えば、オプティカルフロー法を利用するものである。オプティカルフロー法を利用した領域検出は、例えば文献（“動画像処理による後側方監視”，宮岡他，第4回画像センシングシンポジウム講演論文集，pp. 351-354）に示されるものがある。

【0090】すなわち、カメラ、物体の双方が動いている場合を想定すると、カメラから見れば、相対的に物体も背景も動いていることになるが、背景と物体とでは、動き方とスピードが異なるため、その動きの違いに着目して、物体が移動しているであろう領域を絞り込むことが可能である。この場合には、絞り込みの精度が高くなる。

【0091】このようにして探索範囲絞り込み部5の探索範囲の絞り込みは、検出された領域を矩形で表し、その頂点の座標を領域情報として出力する。

【0092】次に、物体認識部6において、画像における物体位置、種類の認識（さらに、可能ならば、物体までの距離推定）のための動作について説明する。

【0093】物体認識部6は、探索範囲絞り込み部5によ

り絞り込まれた探索範囲内において物体の正確な位置等を推定し、その結果を位置情報として距離算出部7に送る。

【0094】画像中における物体位置等を特定する手法としてはいくつかあるが、例えば、あらかじめ登録されたモデルに関するデータとの類似度を判定する方法は、検出精度が高く、迅速な処理が可能であり、好ましいものである。

【0095】この方法は、パターン認識技術を利用するものである。パターンマッチングによる物体認識手法には、いろいろなものがある。

【0096】例えば、個々のモデル自体の画像データの特徴を抽出し、その特徴同士を比較する方法や、個々のモデルではなく、モデルを大きくクラスに分け、そのクラス単位で特徴を抽出して特徴比較を行う方法や、あるいは、特徴抽出を行わずに、画像データそのものを比較する方法がある。

【0097】以下、クラス単位で特徴の比較を行う方法について、図2、図3を用いて説明する。

【0098】図2は、図1の物体認識部6の具体的な構成を示すブロック図である。図中、参照符号9は、事前学習による学習データベース49の構築に使用する部分（学習用ツール）を示す。学習用ツール9において、学習過程においてのみ使用する要素については、点線で示し、実際の物体認識処理時にも使用する要素については実線で示してある。

【0099】学習用ツール9に含まれる、学習統合情報データベース50には、例えば、車両のモデルをクラス毎に分類して（例えば、乗用車、トラック、バスというように分類して）、各クラスの画像データが、学習統合情報として格納されている。

【0100】また、特徴抽出行列算出部48は、各クラスの画像データについて分散等を計算し、そのクラスに属する画像データの特徴を表すベクトルを抽出するための特徴抽出行列を算出し、保持する。

【0101】特徴抽出行列は、以下のような機能をもつ。すなわち、特定のクラスに属する画像データと、他のクラスに属する画像データの各々に、特定のクラスの特徴を抽出するための特徴抽出行列を乗算すると、特定のクラスに属する画像データについてはどれも同じような特徴をもつ数値データ（特徴ベクトル）が得られ、他のクラスの画像データについては、まったく異なる数値データ（特徴ベクトル）が得られる。

【0102】つまり、画像データに、所定のクラスの特徴抽出行列を乗算すると、同じクラスに属する画像データについては共通の特徴が強調されて、まとまりのある数値データとなるが、クラスを異にする画像データについては、全く異なる数値データとなる。

【0103】特徴抽出行列算出部48は、このような特徴抽出行列を演算により求め、保持する。

【0104】求められた特徴抽出行列を、例えば、クラスの画像データの代表値（例えば、平均値）に乗算して、各クラスについての特徴ベクトル（特徴抽出行列を乗算した結果を示すベクトル）を取得する。

【0105】特徴ベクトルは、各カメラに対応して算出される。カメラ1aに対応する特徴ベクトルはデータベース8aに蓄積される。カメラ1bに対応する特徴ベクトルはデータベース8bに蓄積される。同様に、カメラ1cに対応する特徴ベクトルはデータベース8cに蓄積される。

【0106】なお、図2中で、点線の矢印は、学習段階における手順であることを示す。

【0107】このような状態で、図2のデータ入力部40から探索範囲内の画像データが供給される。

【0108】情報作成部41は、画像を構成する各画素の輝度値（濃淡情報）を、画素の配列順に配列して1次元ベクトルを作成する。情報統合部42では、作成された各情報を単純に連結する。

【0109】特徴ベクトル抽出部43では、前述のように、特徴抽出行列算出部48で算出された特徴抽出行列を、画像データに乗算することによって、特徴ベクトルを抽出する。

【0110】入力統合情報判別部44では、抽出された特徴ベクトルと、学習データベース49から出力される特徴ベクトルとを比較して類似度を計算する。

【0111】判定部45では、入力統合情報判別部44より入力された類似度のうち最も高い値を示す入力統合情報（および、そのクラス）を判定する。すなわち、最も類似度が高いと判定されたパターンの位置を車両位置の情報とする。同様に、最も類似度が高いと判定されたパターンに対応する物体の種類に関する情報や、その物体までのおおよその距離の情報も取得する。なお、パターンマッチングにより物体までの距離の情報を取得するためには、図7に示すように、データベースに登録されるモデルの情報（特徴ベクトル）が、距離のデータを含んでいる必要がある。

【0112】これらの判定結果は、結果出力部46から出力される。

【0113】以上説明した、パターンマッチングを用いた物体認識の手法を、図3に示される例を用いて、具体的に説明する。

【0114】ここでは、3台のカメラ1a～1cのうち、カメラ1aで対象物を撮影する場合を想定する。

【0115】また、図3の左上に示すように、撮影対象としては、乗用車（SA）と、トラック（TR）と、バス（BS）の3種類を想定する。また、撮影により得られる画像は4つのブロック①～④からなるものとする。一つのブロックは、例えば、16画素（4画素×4画素）からなる。

【0116】カメラ1aで乗用車（SA）を撮影して得

られる画像の各画素の画素値(輝度値:256階調とすると“0~255”のいずれかの値をとる)を画素順に並べて、これを1次元ベクトル(x_1)とする。図3では、ブロック①についての16画素の各々の画素値(“0~255”)を $J_1 \sim J_{16}$ とし、ブロック②についての16画素の各々の画素値を $K_1 \sim K_{16}$ とし、ブロック③についての16画素の各々の画素値を $L_1 \sim L_{16}$ とし、ブロック④についての16画素の各々の画素値を $M_1 \sim M_{16}$ とする。

【0117】また、同じ画像データに、例えば、エッジ抽出処理部10によるエッジ抽出処理を施した画像についての、各画素の画素値を、画素順に並べて1次元ベクトル(x_2)とする。この場合の、ブロック①についての16画素の各々の画素値(“0~255”)を $O_1 \sim O_{16}$ とし、ブロック②についての16画素の各々の画素値を $P_1 \sim P_{16}$ とし、ブロック③についての16画素の各々の画素値を $Q_1 \sim Q_{16}$ とし、ブロック④についての16画素の各々の画素値を $R_1 \sim R_{16}$ とする。なお、1次元ベクトル x_1 , x_2 は、図2の情報作成部41により作成される。

【0118】次に、情報統合部2が、1次元ベクトル x_1 と x_2 を単純に連結して統合ベクトル($d_1 = x_1 + x_2$)を求める。

【0119】例えば、結合ベクトル d_1 は、S社製の乗用車(クラス1に分類される)に関する画像データである。同様に、T社製……U社製の乗用車について、結合ベクトル $d_2 \dots d_n$ を求める。求められた統合ベクトル $d_1 \sim d_n$ は、クラス1に関する画像データとして、学習統合情報データベース50に格納される。

【0120】以上のような処理を、トラックやバスを撮影して得た画像データについても実施し、得られた統合ベクトル($e_1 \sim e_n$, $f_1 \sim f_n$)を学習統合情報データベース50に格納する。

【0121】統合ベクトル $e_1 \sim e_n$ は、クラス2(トラック)に関する画像データであり、統合ベクトル $f_1 \sim f_n$ は、クラス3(バス)に関する画像データである。

【0122】次に、各クラスを代表する統合情報ベクトルの値(代表値)を求める。例えば、図3の左上に示される画素①~④のそれぞれについての画素値の単純平均を計算し、各画素の画素値の平均値で表現されるベクトルを、そのクラスの代表ベクトル(代表値)とする。このようにして得られたクラス1~クラス3のそれぞれの代表値を、 D_1 , E_1 , F_1 とする。

【0123】一方、学習統合情報データベース50に格納されているデータを解析し、分散等を統計処理により、特徴抽出行列Aを算出する。特徴抽出行列Aの、具体的な算出方法は後述する。

【0124】次に、各クラスの代表値(D_1 , E_1 , F_1)に、特徴抽出行列Aを乗算し、一つの特徴抽出行列

に対して、各クラス毎の特徴ベクトルを算出する。図3では、クラス1(乗用車)に関する特徴抽出ベクトルAを乗算して得た、各クラス毎の特徴ベクトルを K_1 , K_2 , K_3 としている。

【0125】これらの特徴ベクトル(K_1 , K_2 , K_3)は、カメラ1aに対応する特徴ベクトルデータベース8aに格納される。

【0126】カメラ1bで撮影した画像についても同様の処理を行って特徴ベクトルを取得し、カメラ1bに対応する特徴ベクトルデータベース8bに格納する。また、カメラ1cで撮影した画像についても同様の処理を行って特徴ベクトルを取得し、カメラ1cに対応する特徴ベクトルデータベース8cに格納する。以上で、学習段階の処理が終了する。

【0127】次に、実際にパターンマッチングを行い、現実には物体を認識する処理について、図3の下側の記載を参照して説明する。

【0128】ここでは、カメラ1aで撮影した画像データがリアルタイムで入力される場合を想定する。まず、カメラ1aで撮影した画像データについて、上述のような処理を施し、統合ベクトルが生成される。そして、特徴ベクトル抽出部43にて、カメラ1a用の特徴抽出行列Aを乗算する。この結果、特徴ベクトルTが求められる。

【0129】次に、入力統合情報判別部(類似度計算部)44は、特徴ベクトルTと、特徴ベクトルデータベース8aに格納されている、各クラス1に関する特徴ベクトル(K_1 , K_2 , K_3)とを比較し、数値の配列パターン(類似度)を調べる。各類似度は、判別部45に送られ、判別部45は、最も高い類似度のクラスを選択する。

【0130】例えば、カメラ1aにより撮影された対象が、乗用車(クラス1)ならば、クラス1に対応する特徴ベクトル K_1 との間で最も類似度が高くなり、他の2つの特徴ベクトル K_2 , K_3 との間では、極端に類似度が低くなるはずである。これにより、きわめて高精度に、かつ高速に、対象物を認識することができる。つまり、画像中に存在する物体は、クラス1に属する乗用車であることがリアルタイムで検出される。

【0131】また、図7に模式的に示すように、一つの物体(Q, R, S)を、カメラまでの距離を異ならせつつ撮影し(図7では、距離 L_1 , L_2 , L_3 の3つの場合に分けている)、それぞれの物体の画像パターン(物体の特徴ベクトル)を、学習データベースに登録しておくと、パターンマッチングにより合致したモデルを特定することによって、同時に、カメラからの、おおよその距離も推定することができる。

【0132】次に、図4、図5を用いて、各カメラ毎の特徴ベクトルデータベース8a, 8b, 8cを作成する手順を、より具体的に説明する。

【0133】図4は、学習データベース49（特徴ベクトルデータベース8a, 8b, 8c）を作成する手順の概要を示している。

【0134】まず、複数のカメラ1a～1cの各々で撮影した画像データを、各カメラ毎に入力する（ステップ301）。次に、探索範囲絞込み部5により、探索範囲を絞り込む。これにより、パターンマッチングの対象となる画像が切り出される。次に、図3で説明したように、各カメラで撮影した画像に基づいて求められた結合ベクトルを求め、学習統合情報ベクトルデータベース50に蓄積する（ステップ302）。求められた結合ベクトルは、特徴ベクトルを算出するための母体となる画像データである（これを、学習ウィンドウと称する）。

【0135】次に、学習統合情報ベクトルデータベース50に蓄積された学習ウィンドウを、複数のクラスに分類する（ステップ303）。

【0136】次に、各クラス毎に、共分散CWを求める（ステップ304）。共分散CWは、図5に示すように、一つのクラスに属する画像データのまとまりを示す。

【0137】次に、共分散CB, CTを求める。共分散CBは、図5に示すように、一つのクラスの共分散(CW1)と他のクラスの共分散(CW2)との間の離散の度合いを示す。また、共分散CTは、すべてのクラスの画像データについてのまとまりを示す。

【0138】次に、求められた共分散に基づき、特徴抽出行列を算出する（ステップ306）。次に、図2の学習統合情報ベクトルデータベース50に蓄積されている学習画像データに特徴抽出行列を乗算して、特徴ベクトルを求める（ステップ307）。そして、各カメラ毎に、学習データベース49（特徴ベクトルデータベース8a～8c）を作成する（ステップ308）。

【0139】次に、作成された学習データベース49を用いて、実際に、物体の認識を行なう手順について、図6を用いて説明する。

【0140】まず、画像を入力し（ステップ60）、統合情報を作成する（ステップ61）。次に、入力統合情報の特徴ベクトルを抽出する（ステップ62）。

【0141】そして、データベースに登録されている特徴ベクトルと照合して、類似度を計算し（ステップ63）、計算された類似度どうしを比較して、最も高い類似度を検出する（ステップ64）。この検出によって得られる物体についての情報（物体の種類の情報、物体が属するクラスの情報、物体までのおおよその距離の情報等）を出力する（ステップ65）。

【0142】上述の例では、物体を複数のクラスに分類し、クラスを単位として類似度を計算する方法を説明したが、これに限定されるものではない。つまり、クラスに分類せずに個々のモデルとマッチングを取る方法や、特徴抽出を行わずに画像データどうしで、直接にマッチ

ングを取る方法も採用することができる。

【0143】なお、画像中の物体の位置を求める方法としては、パターンマッチングによる方法以外にも存在する。例えば、物体のエッジを利用する方法もある。エッジを利用した物体位置検出としては、例えば、特開平8-94320号公報「移動物体計測装置」に示されるものがある。これにより、検出された位置を位置情報とする。

【0144】次に、実空間における物体までの距離を算出する方法（図1の距離算出部7の動作）について説明する。

【0145】図1の距離算出部7は、物体認識部6において求められた物体の位置情報に基づき、物体までの実空間の距離を算出し、測定結果として出力する。

【0146】物体までの距離を算出する方式としては、例えば、以下の4つの手法（第1の方式～第4の方式）があるが、本発明では、カメラの数を極力少なくして、処理する画像データの量を減らす必要があることから、1台のカメラで3次元空間における物体までの距離を算出できる第2の方式、あるいは第4の方式を用いるのが望ましい。

【0147】第1の方式は、ステレオ画像を利用するものである。図26にステレオ撮影をするための撮影装置の構成を示す。検出した物体の中から、距離を算出するのに適した箇所（例えば、その物体に固有の箇所）を求め、ステレオ画像中における、その固有の箇所の位置を求めることにより距離を算出し、測定結果とする。

【0148】第2の方式は、平面からみた地面構造を利用して距離を求める方法である。この方法は、現実の地面の形状の情報を有効利用できる点、あるいは、計算方法が比較的容易であり、測定精度も高い点で有効な方法である。

【0149】すなわち、図11に示すように、まず、画像中の経路線（道路の両端を示す白線などが該当する）32a, 32bを検出し、これを基に実空間における地面構造を復元する。復元の方法は例えば文献（「局所平面近似による道路形状復元」、渡辺他、情報処理学会研究報告(CV62-3)）に示されるものがある。

【0150】次に、物体（例えば、車）の位置と3次元の地面の構造とを組み合わせ、物体の位置を3次元の空間において特定する。つまり、2つの経路線32a, 32bに挟まれている領域に物体（車）が存在するという前提に立って、検出した物体の位置に対応する左右の経路線位置（参照符号51, 52）を求め、この求められた位置に基づき、復元された3次元の地面構造（道路構造）上における物体（例えば、車の位置）を特定する。これにより、実空間における物体までの距離を算出し、測定結果とする。この方式は、きわめて有効であるため、後に、図18～図25を用いて、詳細に説明する。

【0151】第3の方式は、レーザーレーダを利用する

ものである。検出した物体の位置を基にして距離を算出するのに適した箇所（物体固有の箇所；例えば、車のナンバープレートの位置）を求め、レーザーレーダによりその位置に対する距離を算出し、測定結果とする。

【0152】第4の方式は、カメラから検出物体までの間の地面は水平であるという仮定を用いるものである。図10に示すように、カメラのパラメータ（焦点距離 f 、レンズ中心の高さ h 、水平方向からカメラ光軸への角度 θ ）は既知として、画像面72における、検出された物体位置を（ $i x$, $i y$ ）とすると、式（1）により、実空間における位置75が求まる。

【0153】この座標位置より、距離 L が算出され、これが求める物体までの距離となる。

【0154】以上説明したように、本実施の形態によれば、あらかじめ物体のモデルのデータベースをそれぞれのカメラ毎に登録しておき、複数のカメラからのそれぞれの画像と、カメラ毎に登録された物体のモデルのデータとの間で最も類似度を判定することにより、物体の画像中の位置や物体の種類を認識し、あるいは、物体までのおおよその距離を推定する。

【0155】また、パターンマッチングにより特定された物体が、撮影された画像中のどの位置にあるかを示す情報に基づき、実空間におけるカメラから物体までの距離を算出することができる。

【0156】また、物体の認識に関しては、1台のカメラ毎に一つのデータベースが存在するので、使用するカメラに対応して、使用するデータベースが定まる。よって、その他のカメラに対応した他のデータベースの検索を行う必要がなく、きわめて効率的な物体認識処理を行うことができる。すなわち、物体認識処理を高速化することができる。

【0157】また、使用するカメラに対応して使用するデータベースが定まり、よって、その他のカメラに対応した他のデータベースの検索を行う必要がないということは、誤認識を低減するという効果も生む。

【0158】例えば、カメラ1aに対応した特徴ベクトルデータベース8aにモデルAが登録され、同様に、カメラ1bに対応した特徴ベクトルデータベース8bには、モデルAに類似したモデルA'（ただし、モデルAとモデルA'は異なる物体である）が登録されていたとする。もし、一つのデータベースであれば、データベースに登録されているモデルを全部、検索するため、場合によっては、本当なら、モデルAとマッチングするべきところ、誤って、モデルA'とマッチングしてしまい、物体を誤って認識してしまう危険がある。これに対し、本発明では、一つのカメラに対応して検索するべきデータベースが特定され、検索するべきモデルの数が少なくなり、かつ、同じカメラで撮影した画像同士のみの比較であるため、上述のような誤判定が生じる確率が低減される。

【0159】具体的にいえば、カメラ1aは道路の右側のみを撮影するカメラであり、カメラ1bは、道路の左側のみを撮影するカメラであるとする。この場合、カメラ1aで道路の右端の信号機の支柱を撮影して得られる信号機のモデルと、カメラ1bで道路の左端の電柱を撮影して得られる電柱のモデルとが、かなり類似していることはあり得る。この場合、従来なら、信号機の支柱を電柱と判断する場合もあり得るが、本発明の場合、このような誤判定は生じない。このようにして、本発明によれば、パターンマッチングの精度も向上する。

【0160】つまり、本発明によれば、効率的かつ精度の良い物体（車両等）の検出を行うことができる。また、物体までの距離も測定できるという効果が得られる。また、装置のハードウェアの負担や処理時間の短縮にも役立つ、という効果も得られる。

【0161】（実施の形態3）図8に、本発明の物体認識装置の他の例を示す。

【0162】基本的な機能と動作は、図1の物体認識装置と同じである。図8において、図1と同じ箇所には同じ参照符号を付してある。

【0163】ただし、本実施の形態の装置は、車に搭載され、車両制御部からの制御情報を利用して、使用するカメラおよびデータベースを、適宜、切り換える構成としている。

【0164】図8において、車両制御部100は、制御バス（BUS）105を介して、各種のエレクトロニクス機器の動作を制御する。例えば、ウインカー点灯部101a、101bに指示して、左または右のウインカーを点滅させる。

【0165】カメラ切換部400は、車両制御部100が発する制御信号をウォッチングし、車両の現在の動作状態を検出し、検出結果に応じて、3台のカメラ1a～1cで撮影して得られた画像データのうち、どの画像データを画像処理部4に供給するかを切り換える。

【0166】例えば、左ウインカーが点滅している場合には、一般に、車両の右側を撮影しているカメラからの情報の有用性は低いから、左側を撮影しているカメラからの画像データを選択する。

【0167】また、データベース切換部401は、カメラ切換部400の動作に連動して、選択されたカメラに対応する特徴ベクトルデータベース8a、8b、8cを自動的に選択する。

【0168】このように、車両の制御情報を活用して、使用するカメラとデータベースを切り換えることにより、効率的な物体認識処理や距離測定処理を行うことができる。

【0169】（実施の形態4）図9は、本発明の物体認識装置の他の例を示す図である。実施の形態3と同様に、本実施の形態では、物体認識装置を車に搭載することを想定している。

【0170】また、実施の形態1〜3と同様に、一台のカメラと対応させてデータベースを設けている。ただし、本実施の形態では、1台のカメラに対応して複数のデータベースが設けられている点で、前掲の実施の形態とは異なる。

【0171】すなわち、本実施の形態では、認識対象の物体が現在おかれている状況や、その物体に課せられる条件等を基準として、複数のデータベースを設ける。そして、周囲の状況等に応じて、データベースを自動的に切替える。

【0172】ここで、データベースを切り替えるための条件としては、昼と夜、時刻、気象、明度などであり、この場合には、そのときの状況毎にデータを切替えていく。また、車両が高速道路を走る場合と、その他の道路を走る場合とで、データベースを使い分けることもできる。

【0173】また、道路を走る車両を考えると、特殊な場所や地域であるために、車両走行に条件が加えられる場合などが想定される。例えば、霧の多発地帯であるので、昼間であっても、特定の地域に限って、ライトを点灯して走行しなければならない、といった条件が課せられる場合がある。このような場合には、例えば、ITSの自動料金収受ゲートの通過時に、その地域を走行するに適したデータベース用の情報を無線通信によりダウンロードし、走行条件が変化する毎に、データベースを切替えるという手法が考えられる。

【0174】図9の場合、カメラ1a、1b、1cのそれぞれに対応して、昼かつ晴れの場合に使用する特徴ベクトルデータベース26a〜26bと、昼かつ雨の場合に使用する特徴ベクトルデータベース26d〜26fと、夜かつ雨の場合に使用する特徴ベクトルデータベース26g〜26iが設けられている。

【0175】つまり、1台のカメラに対応して、3つのデータベースが設けられていることになる。つまり、本実施の形態では、1台のカメラ毎という条件に、さらに、データベースを使用する場合の条件が加重されていることになる。

【0176】図9の物体認識装置の基本的な構成や機能、動作は、図8の装置と、だいたい同じである。

【0177】車両制御部100は、制御バス(BUS)105を介して、ウインカー点灯部101、ワイパー駆動部102、ライト点灯部103等に制御信号を送る。データベース切換部402は、車両制御部100が発する制御信号を監視し、その制御信号から、現在の車両の走行環境を推定して、環境に応じたデータベースを自動的に選択する。

【0178】例えば、ワイパーが動作しており、かつ、ライトが点灯しているのならば、夜かつ雨という環境下で車両が走行しているのがわかる。カメラ1aで撮影した画像について物体認識処理を行なう場合には、したが

って、カメラ1aに対応し、かつ、夜かつ雨という使用条件が課せられている特徴ベクトルデータベース26gが選択される。

【0179】本実施の形態のように、周囲環境や条件毎にデータベースを設け、環境や条件に適合するデータベースを選択する手法は、物体認識の精度を向上させ、測定した距離等の信頼性を、さらに向上させるのにきわめて有効である。

【0180】すなわち、同じカメラで撮影した同じ物体の画像であっても、天候や撮影時刻等に応じて、物体の見え方はかなり変化するものと考えられる。よって、実際の使用時の条件に適合するようにデータベースを切り替えることにより、物体認識の精度は格段に向上する。

【0181】(実施の形態5)以下、物体認識装置を車に搭載して運転支援を行う技術について、図12〜図26を用いて、具体的に説明する。

【0182】図12は、前掲の実施の形態で説明したのとはほぼ同様の本発明の構成を、乗用車130に搭載した例を示す。図1、図8と共通する部分には、同じ参照符号を付してある。

【0183】図12に示される構成において、注目すべき点は、物体認識処理の結果として得られた有益な情報を、モニタ107や報知部108を介して運転者に通知するようにした点、画像処理装置の構成要素(画像入力インタフェース2、カメラ切換部20、探索範囲絞込み部5、データベース切換部21、物体認識部6、道路構造認識部120、距離算出部7)をソフトウェアにて実現するようにした点、そして、特徴ベクトルデータベース26a〜26nと画像処理装置の各要素に関する情報を、外部から、ダウンロードすることを可能とした点である。

【0184】図12の物体認識装置では、カメラ1a、1b、1cうちのどのカメラで撮影した画像について物体認識を行なうかは、例えば、車両制御部100が適宜、制御することができる。通常は、複数のカメラ1a〜1cを時分割で順次切り替えるようにしておき、自車に接近してくる車両を常時、自動的に監視するというのが現実的である。

【0185】なお、車両制御部100には、センサ122を介して得られる、走行環境(例えば、雨かつ夜であること)や走行状態(時速や、直進しているのかカーブを曲がっているか等)を示す情報が適宜、入力される。

【0186】入力される種々の情報に基づき、車両制御部100は、データベース切換部21に、データベースを切り換えるための制御信号を送出する。

【0187】カメラ切換部20の切り換えは、カーナビゲーションシステムやGPS情報を利用して行なうことができる。例えば、交差点でカーナビゲーションシステムが右折を指示中に、運転者が右方向指示器を出している場合には、右折用の車両認識(交差点における周辺

車両検知)を行うべく、自車の右方向を撮影するカメラを選択する。また、直進道路において、カーナビゲーションシステムが直進を指示中、右方向指示器を出している場合には、右車線変更用の車両認識(右後側方の接近車の検知)を行うべく、右後側方を撮影するためのカメラを選択する。また、カメラを時分割で順次切り替え、接近してくる車両を認識する。

【0188】また、図12の物体認識装置では、探索範囲絞込み部5から出力される画像データと、物体認識部6から出力される物体認識結果を示す情報(図7に示すようなデータベースを用いることにより推定される物体までの距離の情報を含む)が、インタフェース回路106に送られる。

【0189】また、センサ122で得られた情報や、車両制御部100から出力される制御情報もインタフェース回路106に与えられる。

【0190】そして、運転者に必要な情報が、モニタ107や報知部108を介して運転者に通知される。

【0191】図12のモニタ107に映し出される映像の一例と、図12の報知部108によってユーザーに提供される情報の一例を図14(a)に示す。

【0192】図14(a)では、右後方、距離5mの位置にバスが接近してきており、車線変更は危険である旨を、運転者に文字を用いて報知している。“右後方”という方向の情報は、文字の他に、図14(a)の右上に示されるように、報知部108において、どのランプを点滅させるかによっても報知される。

【0193】すなわち、報知部108では、自車表示103の周囲に、複数のカメラの配置に対応した複数のランプa~hが配置されている。図14(a)では、右下のランプdが点滅しており、これにより、右後方から車が接近しているのが、視覚的に理解できる。

【0194】図14(a)は、表示による情報の報知の例であるが、これに限定されるものではなく、むしろ、人間の五感に訴える種々の報知方法を積極的に使用したり、それらの方法を組み合わせたりするのが望ましい。

【0195】つまり、本発明では、複数台のカメラを用いて、リアルタイムで物体の認識を行うことができる。つまり、種々の方位の情報を取得できるのであり、取得できる情報の量が、従来に比べて格段に多い。

【0196】そのことが、かえって、運転者を惑わすことにつながる場合もある。つまり、「右後方から車が接近中」という危険を知らせる表示を出した場合に、運転者が、右後方という方向を瞬時に理解できずに、誤った判断をした場合には、かえって、大きな事故につながる危険性もある。

【0197】したがって、得られた情報を、誤解を与えない態様で運転者に報知することはとても重要である。

【0198】そこで、本実施の形態では、視覚以外の五感に訴える方法、しかも、運転者が立体的な感覚でもっ

て、どのカメラで撮影した画像に基づく情報であるのかを瞬時に理解できる方法による報知を、パネル表示による報知と併用する。

【0199】視覚以外の五感に訴える報知方法としては、以下のようなものがある。

【0200】音による報知。つまり、方向・高低・大きさ・リズム・メロディ・不快音等の利用による情報内容の報知、または、それらの組み合わせによる報知である。

【0201】音声による報知。つまり、声の調子(声色)等による情報内容の表現による報知である。

【0202】振動による報知。すなわち、振動強度・振動方向・振動種類・振動速度等による情報内容の報知、または、それらの組合せによる報知である。

【0203】照明による報知。すなわち、照明強度・照明方向・照明種類等による情報内容の報知、または、それらの組合せによる報知。

【0204】香りによる報知。すなわち、芳香強度・芳香の方向・芳香種類等による情報内容の表現、または、それらの組合せによる報知である。

【0205】風による報知。すなわち、空気の流れの強度・方向・種類・速度等による情報内容の報知、または、それらの組合せによる報知である。

【0206】図14(b)は、風による報知を行なう装置106の構成を示す。図14(b)の装置106は、物体認識情報(距離情報を含む)をデコードして、複数ビットのデコード信号SCを出力するデコーダ109と、デコード信号SCを受けて、複数の風吹き付け部111a~111nに対する制御信号を送出する風制御装置110と、を有する。

【0207】複数の風吹き付け部111a~111nのどれから風を吹きつけるか、その風の強さはどうか、その風を吹きつける時間はどうか、あるいは、その風の温度はどうか、などは、風制御装置110から出力される制御信号によって、適宜、制御される。

【0208】例えば、利用者の右後ろ側方から速度の速い車が接近している場合、利用者の右後ろの横側から、利用者を阻害しない程度の勢いの強い風を短時間吹き付ける。逆に右後ろの側方から速度の遅い車が接近している場合、利用者の右後ろの横側から弱めの風を短時間吹き付ける。また例えば、風を吹き付ける時間によって、対象車との距離の遠近を表現するなど、利用者に対して効率良く効果的に、出力情報内容をイメージできるような報知方法を取ることが、より好ましい。

【0209】これらの方法を単独で、あるいは、組み合わせ使用することにより、利用者が利用しやすい態様で、貴重な情報を効果的に報知することができる。

【0210】なお、報知方法としては、以下のようなものもある。すなわち、警告音と音声及び、表示ランプを点滅させることの組み合わせる方法である。この場合に

は、利用者が常にモニターを注視していなくて良く、注意を促された時に気を付ければよいので、運転者の負担が軽減される。

【0211】モニターを分割して、例えばカメラ毎に表示して、その表示している位置によってどのカメラの映像かを分かるようにする。図14(a)に示すように、モニター等に車のモデルを表示しておき、その上にどのカメラの注視を促されているかを点滅等で知らせる方法もある。図14(a)のような2種類(実映像とモデル化した画像(危険を知らせる時のみ))の表示を組み合わせることによって、利用者に効率よく、かつ安全に情報を知らせることができる。

【0212】図27に示すように、図12のカメラ切換部20、探索範囲絞込み部5、物体認識部6は、コンピュータ140上にソフトウェアを用いて構築することができる。また、物体認識のためのモデルデータが登録されている学習データベース49は、コンピュータ140に内蔵することができる。

【0213】画像処理部4および学習データベース49(特徴ベクトルデータベース8a, 8b, 8cを含む)は、例えば、CDROMのような、必要な情報とソフトウェアが記録されている記録媒体141, 142を、コンピュータ140にセットすることで構築することができる。

【0214】また、料金収受ゲート131から特定の地域専用の情報を無線でダウンロードしたり、衛星132から、GPS等のデータと一緒にダウンロードしたり、あるいは、広域ネットワーク上のサーバー135から、無線基地局133を介してダウンロードすることも可能である。

【0215】データベース等に関する情報のダウンロードは、例えば、図12の上側に示すように、ITSシステムにおける自動料金収受ゲート131を車が通過するときに、無線通信を利用して行われる。

【0216】また、衛星132からの無線通信で、必要な情報を車103に提供してもよい。また、インターネット等の広域ネットワーク134上に存在するサーバー135から必要な情報を取り出し、携帯電話の基地局(無線基地局)133から情報を車103に送信してもよい。

【0217】図12において、カメラ1a, 1b, 1c等や、カメラ切換部20、データベース切換部21等の動作は、車両制御部100が統括的に制御するようになっている。車両制御部100には、センサ122(例えば、車両の回転角を計測するセンサ)の情報も与えられる。

【0218】また、図12では、3台のカメラ12しか示されていないが、実際には、図13に示すように、車両130の周囲を監視できるように、カメラ1a~1iが配置されている。

【0219】図13において参照符号140a~140dはタイヤを示す。また、図13において、斜線を施した部分は、各カメラがカバーしている範囲を示す。

【0220】本発明では、ステレオ撮影を行うことなく、1台のカメラで3次元の距離測定が可能である。よって、多数のカメラの各々を、異なる方向に向けて配置し、周囲の状況をより細かく監視することが可能である。

【0221】車両にカメラを取り付ける位置の例としては、以下のようなものがある。

【0222】車線変更時の周辺車両検知のために、カメラをサイドミラーの位置に取り付ける。駐車時や車線変更時の周辺車両検知のために、カメラを車両の屋根の後側に取り付ける。あるいは、交差点における周辺車両検知(ブラインドモニタ: 運転者からは見えない側方の状況を検知すること)のために、車両の屋根の側方にカメラを設置したり、割り込み車両検知のために、車両前方にカメラを設置する。この他、脇見検知のために、車室内に設置することも可能である。物体認識の対象は、車両だけでなく周辺物体であってもよい。

【0223】(実施の形態6) 図15に、本発明の画像処理装置(物体認識部および道路構造認識による距離算出部を含む)の構成を示すブロック図である。

【0224】図15の装置の基本的な構成は、図12とほとんど同じである。ただし、図15の装置の場合、物体認識結果を利用して、物体の3次元空間における位置を特定し、カメラからその物体に至るまでの3次元空間における距離を正確に算出する距離算出部7を備えており、この点、図12の構成とは異なる。

【0225】以下、図15に示される、走行車両についての画像処理を行う画像処理装置の主要な部分の機能や動作を、順に説明する。

【0226】まず、探索範囲絞込み部5について説明する。

【0227】図15の探索範囲絞込み部5は、入力された画像データに基づき、道路上の車両が存在しそうな領域を求めて探索範囲を絞り込む。

【0228】この探索範囲絞込み部5では、状況に合わせて、探索範囲を広めにとって検出漏れを防いだり、逆に、探索範囲を狭く取り確実なものを効率よく検出する、などの調節を行なうことができる。

【0229】探索範囲の絞り込みは、装置負担の軽減や迅速な処理を目的に、全画像範囲から、先を走る車両(あるいは後ろの車両であってもよい)が存在する確率が極めて高いと推定される範囲を求める処理である。本実施の形態における、好ましい探索範囲の絞り込みの例(手順)を図16に示す。

【0230】図示されるとおり、まず、道路端(道路の両側にある白線や路肩など)を検出する(ステップ200)。

【0231】そして、道路端に挟まれた領域を車両に高さを考慮した分だけ拡張し、その拡張した領域を矩形で近似し、その頂点の座標を探索範囲の情報とする（ステップ210）。

【0232】以下、図17(a)、(b)および図18(a)、(b)を用いて、このような処理を具体的に説明する。

【0233】図17(a)、(b)は、図15のカメラ1a、1cで撮影された画像の一例を示している。つまり、図17(a)、(b)は、異なるカメラで同じ車両を撮影した画像を表している。つまり、自車に搭載された複数台のカメラで、自車の先を走る（先行する）車両を撮影したものである。

【0234】これらの画像データに基づき、図15の探索範囲絞り込み部5が探索範囲の絞り込みを行なう。

【0235】なお、図17(a)、(b)において、参照符号310は地平線であり、参照符号320a、320bは道路端を表わす白線である。また、参照符号330は検出対象である車両（先行車両）であり、参照符号340は、ナンバープレートである。

【0236】図17(a)の画像の中から、まず、道路の両端にある白線を検出する（道路端の検出、図16のステップ200）。

【0237】このようにして白線が検出された状態が図18(a)である。このとき、一部検出されない箇所がある場合は、検出された白線から曲線近似などの方法により補完する。

【0238】次に、図18(b)に示すように、左右の白線に挟まれた領域を車両の高さを考慮した分だけ拡張した領域を矩形で近似する（図16のステップ210）。

【0239】このようにして特定された領域が、図18(b)において点線で囲まれて示される探索範囲Z1である。なお、前述のとおり、矩形領域をどの程度の大きさとするかは、適宜、調節可能である。

【0240】先行する車両は、必ず道路を走行しているため、車は両端の白線320a、320bの間に存在しているはずである。そして、車は一定の高さを有するため、このことを考慮して白線320a、320bを上側に平行移動し、先行車の全体が収まる範囲で高さを規制する。このようにして、領域Z1が求まる。この領域の頂点の情報が、図15の道路構造認識部120、物体認識部6に送られる。

【0241】全画面が探索対象になる場合に比べ、絞り込みがなされた分だけ探索すべき画像データが減少し、車両位置の検出や車間距離の算出のための処理負担が軽減される。

【0242】また、処理時間の面でも余裕をもつことができる。また、道路端と車の高さを考慮して探索範囲を絞り込む方法は、シンプルであり、かつ、車両を確実に

捕捉できる確率が高い。

【0243】但し、この方法に限定されるものではなく、その他の絞り込み方法を適用することもできる。

【0244】例えば、先に説明したように、オプティカルフロー法を利用する方法も適用可能である。先に示したように、オプティカルフロー法を利用した車両領域検出は、例えば文献（“動画画像処理による後側方監視”，宮岡他，第4回画像センシングシンポジウム講演論文集，pp. 351-354）に示されるものがある。

【0245】つまり、連続的に撮影された2枚の画像を用意する。1枚目の画像中の特定の領域が2枚目の画像中のどこに位置するかを調べる。そして、1枚目の画像中の特定の領域と、2枚目の画像中の特定領域とを結ぶベクトルをオプティカルフローとする。そして、座標系におけるオプティカルフローの位置に基づき、車両位置を特定する。

【0246】すなわち、自車、先行車の双方が動いている場合を想定すると、自車から見れば、相対的に先行車も道路も動いていることになるが、道路と先行車とでは、動き方とスピードが異なるため、その動きの違いに着目して車両が走行しているであろう領域を絞り込むことが可能である。この場合には、絞り込みの精度が高くなる。

【0247】このようにして検出された領域を矩形で表し、その頂点の座標を領域情報とする。

【0248】また、ステレオ画像を利用して、探索範囲を絞り込むこともできる。ステレオ画像を利用した車両領域検出は、例えば文献（“ステレオ画像を用いた物体検出技術の開発”，気賀沢他，第2回画像センシングシンポジウム講演論文集，pp. 259-264）に示されるものがある。立体的な形状を認識して絞り込みをするため、正確な絞り込みが可能である。

【0249】これにより検出された領域を矩形で表し、その頂点の座標を領域情報とする。なお、検出する立体物の高さなどを、適宜、調節することができる。

【0250】なお、オプティカルフローとステレオ画像とを組み合わせることも可能である。つまり、オプティカルフローを利用して検出した領域とステレオ画像を利用して検出した領域との和集合演算を行ったり、あるいは積集合演算を行ったりして、画像処理を行う領域を決定することも可能である。

【0251】これにより、オプティカルフローの利用だけでは検出されない停止車両の領域が検出されるようになる。

【0252】また、ステレオ画像の利用だけでは余分に検出されてしまう道路上の建造物が除去されるようになる。

【0253】次に、車両位置の検出動作、および車両までの距離の算出動作について説明する。

【0254】図15の構成の中から、車両位置の検出動

作および車両までの距離の算出動作に関係する部分を抜き出すと、図19に示すようになる。物体認識部6および道路構造認識部120、距離算出部7はそれぞれ、図20に示すような手順で、車両までの距離を算出する。

【0255】つまり、物体認識部6が、1台のカメラにより撮影された画像に基づき、道路上に存在する物体の画像中の位置を検出する(ステップ80)。

【0256】次に、道路構造認識部120が、カメラにより撮影された画像に基づき、3次元の道路構造を認識する(ステップ81)。

【0257】そして、距離算出部7が、物体の位置の情報および道路構造の情報に基づいて、カメラから物体までの実空間における距離を算出する(ステップ82)。

【0258】図21は、1台のカメラで撮影された画像の例を示している。

【0259】図示されるように、道路23の上に検出対象物体である車両21が位置している。道路23の左右には、白線24、25が描かれている。例えば、先行車両の後面を撮影した入力画像に対して、2次微分処理および2値化処理を施す。これにより、図22に示すような微分2値画像を得る。次に、得られた画像から水平エッジ成分を抽出する。図22の中央に示される四角い箱31が、検出の対象である先行車のモデルを表している。

【0260】そして、前掲の実施の形態で説明したようなパターンマッチング処理(データベースに登録されている学習モデルとの照合処理)を行って、画像中における車の位置と、車の車種等を検出する。

【0261】また、左右の白線の位置を道路の端部と認識することで、道路端部の位置は簡単に特定される。白線が途切れている場合でも、曲線補完や線形補完により白線を補うことで、道路端部を特定することが可能である。

【0262】検出された車両の画像中における位置は、その車両を代表する点の座標で表現できる。例えば、図22の四角い箱の下辺の midpoint (参照符号) 22の座標を、先行する車両の位置とする。

【0263】また、その車両の位置は、図21、図22に示すように、道路端部と対応づけして特定することができる。

【0264】つまり、道路の左右の端部を結ぶ線分であって、車両の座標点22をとおる無数の線分を考え、その中で、最も距離が短い線分(図21、図22における参照符号53)を選択する。

【0265】その選択された線分53が、左右の道路端部と交わる2つの点を x_1 、 x_2 とする。そして、図20に示されるように、点 x_1 および点 x_2 から、車両の座標点22までの距離 S_1 、 S_2 を求めれば、画像中における、道路と車両の相対位置関係は、一義的に特定される。

【0266】以上、物体(車両)の検出と、物体の位置の検出について説明した。

【0267】次に、3次元の道路構造の検出について説明する。

【0268】道路構造認識部120は、入力された画像データ(1台のカメラで撮影された画像情報)に基づき、道路23の実空間における構造を認識する。

【0269】ここで、奥行き情報のない画像(1台のカメラで撮影した画像)から実空間における道路面の構造を認識する方式の例としては、情報処理学会研究報告CV62-3(1989年)「局所平面近似による道路形状復元」に示されているものがある。

【0270】この方式は、画像中の左右の道路端部の対応する点に着目し、道路モデルと呼ばれる道路形状に関する知識に基づいて、3次元の道路構造を得るものである。

【0271】以下、この道路構造の復元方法について、図23(a)~(c)を参照して、簡単に説明する。

【0272】図23(a)において、座標の原点"0"はカメラの位置を表す。 $m(1)$ は、道路の左端の点に基づき定義されるベクトルである。 $m(r)$ は、同様に道路の右端点に基づき定義されるベクトルである。

【0273】座標点 P_1 、 P_r はそれぞれ、1台のカメラで撮影された画像中の、道路の、同一線上にある左端点と右端点を表す。また座標点 R_1 、 R_r はそれぞれ、実空間の道路における、道路の左端点と右端点を表す。

【0274】画像中の道路の左端点と右端点(P_1 、 P_r)に、所定のベクトル演算係数を乗算して、実空間上の道路上の対応する座標点(R_1 、 R_r)を求めることができる。求められた座標点 R_1 、 R_r の軌跡が、道路の端部の形状となる。

【0275】つまり、3次元の道路端部の形状は、道路の左端点と右端点を結ぶ仮想的な線分が滑らかな曲線上を移動した場合に、その線分の両端点が描く軌跡と仮定している。

【0276】実際の道路は勾配をもつが、図23(b)に示すように、局所的に見れば、道路面の接線(t)と仮想的な線分(e)は、同一平面に含まれていると見ることができる(局所平面近似)。

【0277】そして、図23(c)に示すように、道路の接線方向の無限遠点(Q)は水平線上にあり、また、線分(P_1-P_r)は道路の端部と垂直に交わるという条件を適用すると、2次元の道路上の対応する2点は、ベクトル演算により求めることができる。

【0278】求められた左右の道路端点の位置の3次元的な変化が滑らかな曲線になるように道路モデルを適用することで、道路形状が復元される。

【0279】道路モデルは、左右の道路端の間隔は一定の長さであり、かつ、これらを結ぶ線分は、どれも、常に水平であるという条件の下で構築される。

【0280】以上が、「局所平面近似による道路形状復元」に示される道路形状の復元方法の概略である。

【0281】次に、距離算出部7が、自車から先行する車両までの距離を検出する処理について説明する。

【0282】図24は、1台のカメラで撮影された画像中の先行する車両（検出対象の物体）と道路端部との相対的位置関係を示す図である。

【0283】先に図19、図20を用いて説明したとおり、車両の位置と、車両に対応する左右の道路端部（エッジ点）の位置は特定されている。

【0284】つまり、図24に示すように、道路のほぼ中央に位置する座標点22が、先行する車両の位置を示している。

【0285】また、座標点22を通る、長さが最小の線分が線分53である。ここで、長さが所定の長さとなるように線分53を特定することもできる。

【0286】そして、線分53が道路の端部51、52と交わる点が x_1 、 x_2 （エッジ点）である。

【0287】このように、1台のカメラで撮影された一つの画像中において、車両の位置と、車両と道路端部との相対的な位置関係は特定されている。

【0288】そして、図23(a)～(c)に示した方法により、3次元の道路構造が復元される。その復元された道路構造が図25に示される復元された3次元の道路構造上における先行する車両の位置がわかれば、実空間におけるカメラから車両までの距離は、簡単な算術演算（幾何演算）で求めることができる。

【0289】図25中、参照符号41は、上から見た道路の平面形状を示している。一方、参照符号42は、道路表面を横からみたときの形状を表している。

【0290】図21、図24に示すように、一つの画像中の左右の道路端点と、3次元の道路構造上における左右の道路端点とは、1:1に対応する。

【0291】つまり、図21、図24の画像中の左右の道路端点 x_1 、 x_2 に対応する、図25に示される復元された道路構造上の点を、特定するが可能である。

【0292】図23において、点 x_1 は、図21、図24の点 x_1 に対応する点である。同様に、点 x_2 は、図21、図24の点 x_2 に対応する点である。このように、実空間における道路の端点（ x_1 、 x_2 ）が決まると、各端点を結ぶ線分53が決まる。

【0293】先行する車両は、実空間における、線分53上に存在する。図22や図24に示すように、画像中における車両位置は、点 x_1 からS1の距離にあり、点 x_2 からS2の距離にある。

【0294】このような車両と道路との相対的な位置関係から、図25における線分53上における、車両の位置22が求まる。

【0295】3次元空間における車両の位置が22が検出されれば、自車に搭載されているカメラの座標（原

点0）から先行車両までの距離を、簡単な算術演算で求めることができる。

【0296】このようにして、図21のような画像から、図25のような3次元の道路形状と、その道路における車両の三次元的な位置を特定することができる。

【0297】以上、本発明における、車両位置の検出処理と、車両と道路との相対関係の検出と、先行する車両までの距離の算出について説明した。

【0298】本発明における距離検出のための処理の概要をまとめると、図20に示すようになる。

【0299】すなわち、まず、1台のカメラにより撮影された画像に基づき、道路上に存在する物体の画像中の位置を検出する（ステップ80）。次に、カメラにより撮影された画像に基づき、道路構造を認識する（ステップ81）。そして、物体の位置の情報および道路構造の情報に基づいて、カメラから物体までの実空間の距離を算出する（ステップ82）。

【0300】先に説明したように、図7に示すようなモデルを格納したデータベースを用意することで、物体認識処理だけでも、ある程度の物体までの距離の推定は可能であるが、その精度には限界がある。本実施の形態のように、距離測定部を備えることにより、1台のカメラで撮影した画像から、実空間における物体までの正確な距離を測定することが可能となる。

【0301】以上、図15に示される構成（物体認識を含む画像処理により、3次元空間における他の車両までの距離を測定する構成）の機能と動作を説明した。

【0302】以上、本発明について、実施の形態を参照して説明した。本発明は実施の形態に限定されるものではない。実施の形態では、1台のカメラで撮影した画像に画像処理を施して、実空間における物体までの距離を測定する例について説明したが、必ずしもこれに限定されるものではない。

【0303】例えば、画像処理量やカメラの設置スペースの増大が許容されるのであれば、図26に示すように、2台のカメラ60a、60b（70a、70b）を用いてステレオ撮影をして画像を取得し、ステレオ画像処理装置61（71）を用いて3次元空間における物体までの距離を測定することもできないわけではない。このような場合にも、本発明のパターンマッチングを用いた物体認識は、適用可能である。

【0304】このように、本発明では、まず、複数台のカメラに対して一つの画像処理装置を設ける構成とし、ハードウェア量を削減する。つまり、複数台のカメラの各々で撮影することにより取得した画像情報を、共通の画像処理装置に入力する。

【0305】そして、画像処理装置では、入力された画像データと、データベースに登録されているモデルに関するデータとの照合（パターンマッチング）を行い、類似度を判定することにより、物体の存在位置や、物体の

種類あるいは物体までの大まかな距離などを、きわめて高速に検出する。

【0306】データベースには、種々のモデルに関するデータが登録される。このとき、パターンマッチングの効率を向上させるために、複数のデータベースを設けておき使用するデータベースを適宜、使い分けする。

【0307】データベースを各カメラに対応させておき、使用するカメラに応じてデータベースを切り換えれば、無駄なデータベースの検索が不要となり、処理が高速化される。また、検索すべきデータベースが絞り込まれるということは、それだけ誤判定の確率も低くできることを意味し、パターンマッチングの精度の向上を図ることができる。

【0308】なお、カメラ毎にデータベースを設ける例の他に、天候や時間帯などの条件のみを基準として複数のデータベースを設ける例も考えられる。具体的には、使用するカメラに応じて、使用するデータベースを切換えたり、あるいは、撮影条件や自車の運転状況に応じて、使用するデータベースを切換える。

【0309】また、高速なパターンマッチングを行う方法としては、入力画像データに、予め取得してある特徴抽出ベクトルを乗算して、所定のモデルについての特徴を強調させた特徴ベクトルを得、データベースに登録されている、そのモデルの特徴ベクトルと比較する手法がある。

【0310】さらに、画像処理装置では、パターンマッチング処理を行う前に、まず、入力された画像の一部の領域に、物体の探索範囲を絞り込む処理をして、画像処理の対象となるデータ量を減らすのが望ましい。これにより、ハードウェアの負担を軽減することができると共に、さらなる高速処理が可能となる。

【0311】カメラの位置から認識された物体までの距離を測定する場合には、データベースに登録されている、物体までの距離の情報をパラメータとして含むモデルとの間でパターンマッチングを行なう。

【0312】また、さらに精度の高い距離測定を行なう場合には、その物体を撮影した1台のカメラからの画像情報に基づき画像処理を実行し、3次元空間における物体までの距離を特定する。これにより、ステレオ撮影を行わなくても、1台のカメラで、3次元空間における物体までの距離を測定することができる。

【0313】また、複数のカメラで撮影された画像情報や、パターンマッチングにより認識された物体の種類の情報（例えば、車の車種名）や、物体までの距離の情報などを、ユーザー（例えば、車の運転者）にリアルタイムで提供することで、ユーザーの作業負担を軽減したり、危険を事前に回避したりすることができる。

【0314】本発明によれば、複数のカメラより入力した画像を処理する画像処理装置を共通に使用することができ、取り扱う画像処理部の数が減って装置の処理負担

が軽減される。

【0315】また、処理対象となる情報量自体を削減することができ、よって処理が効率化され、かつ、パターン認識などを用いた位置検出等により精度良く物体の認識（推定）を行える。

【0316】従って、本発明によれば、これらの相乗効果によって、物体までの距離を正確に算出することもでき、リアルタイム性と信頼性とを兼ね備えた、実用的な物体認識方法と物体認識装置を提供することが可能となる。

【0317】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、画像処理の効率（処理スピード）と、物体認識の精度や物体までの距離の測定等の精度を両立させ、実用に耐える物体認識方法および物体認識装置を提供することができる。これにより、高速かつ信頼性の高い距離測定も行える。また、リアルタイムで有益な情報をユーザーに提示することもできる。本発明は、ITSシステムを実用化する上で、きわめて重要な要素技術を提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の物体認識装置（距離算出部を含む）の全体構成の一例を示すブロック図

【図2】図1における物体認識部およびデータベース部の具体的な構成の一例を示すブロック図

【図3】データベースを作成する手順および物体認識の手順を、具体的に説明するための図

【図4】データベースを作成する手順の一例を示すフロー図

【図5】データベースを作成するための処理（共分散を算出する処理）の内容を説明するための図

【図6】物体認識の手順を示すフロー図

【図7】データベースに登録されるモデルに関するデータの一例を示す図

【図8】本発明の物体認識装置（距離算出部を含む）の構成の他の例を示すブロック図

【図9】本発明の物体認識装置（距離算出部を含む）の構成の他の例を示すブロック図

【図10】物体までの距離を算出する方法の一例を説明するための図

【図11】1台のカメラで撮影した画像から実空間（3次元空間）における物体までの距離を測定する方法を説明するための図

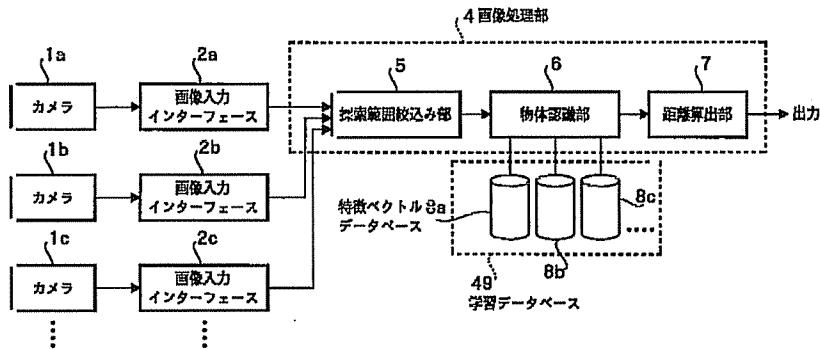
【図12】本発明の物体認識装置（距離算出部を含まず）を車に搭載した例を示すブロック図

【図13】車に備え付けられたカメラの配置の一例を示す図

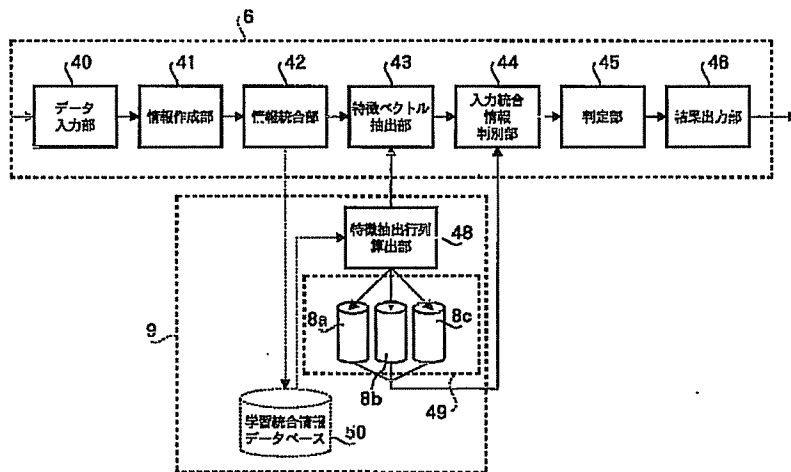
【図14】（a）運転者に、運転支援情報を提供する態様の一例を示す図

（b）運転者に、運転支援情報を提供する他の態様の一例を示す図

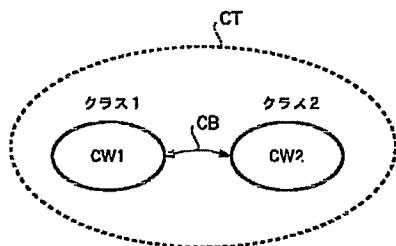
【図1】



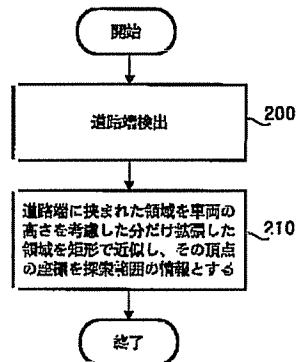
【図2】



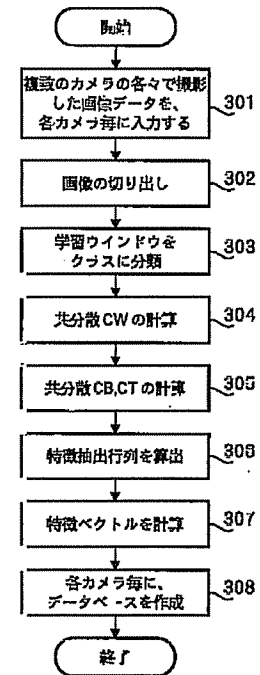
【図5】



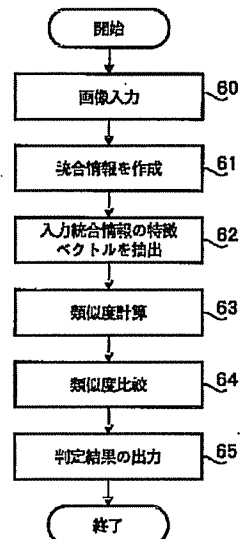
【図16】



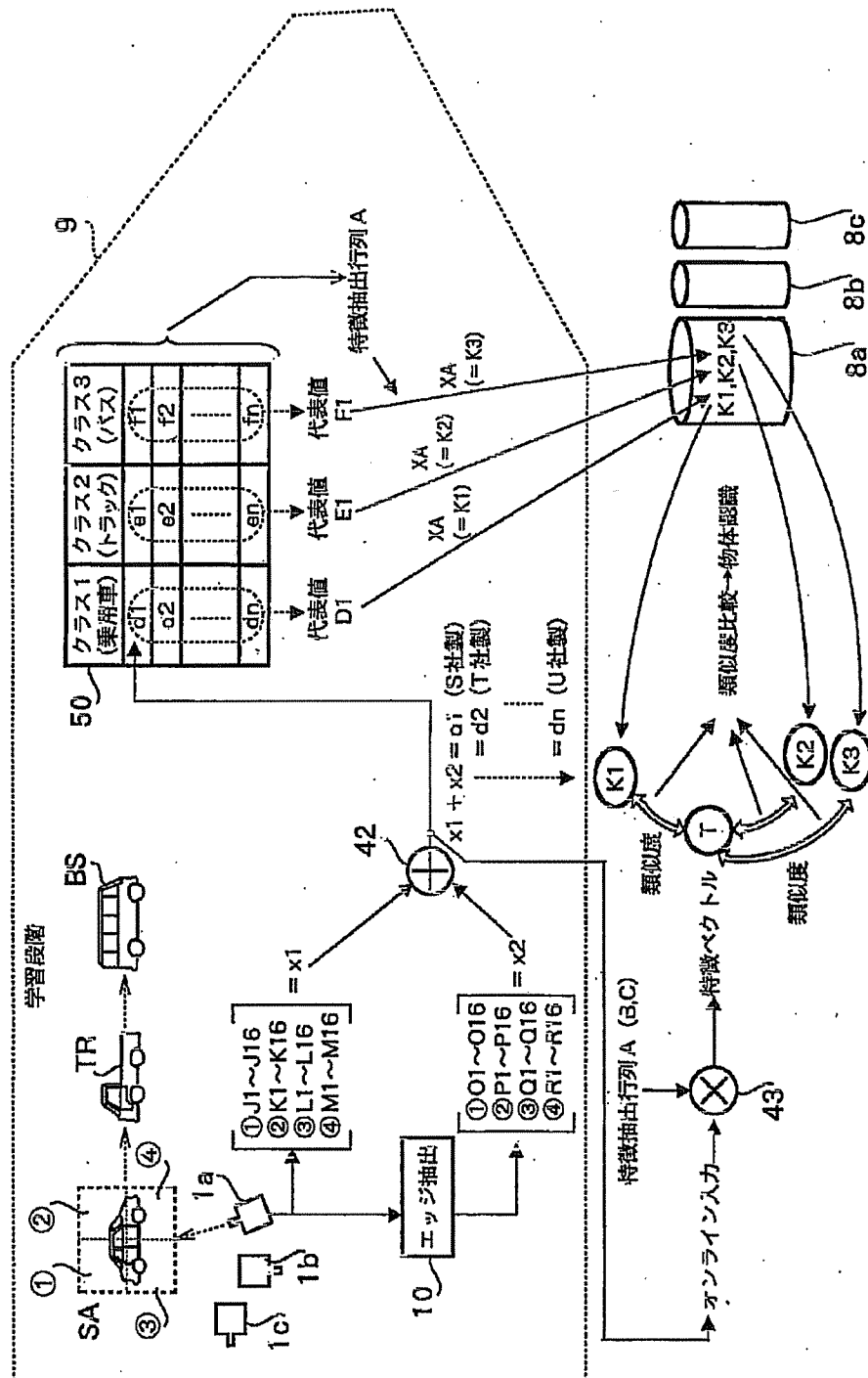
【図4】



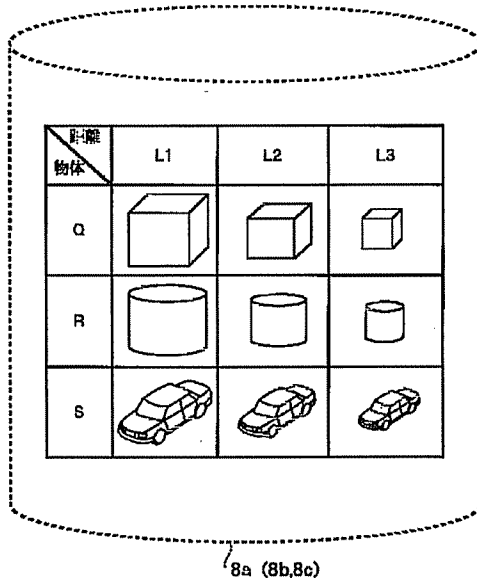
【図6】



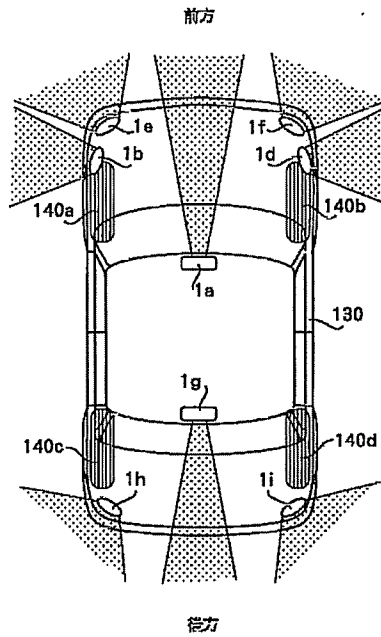
【図3】



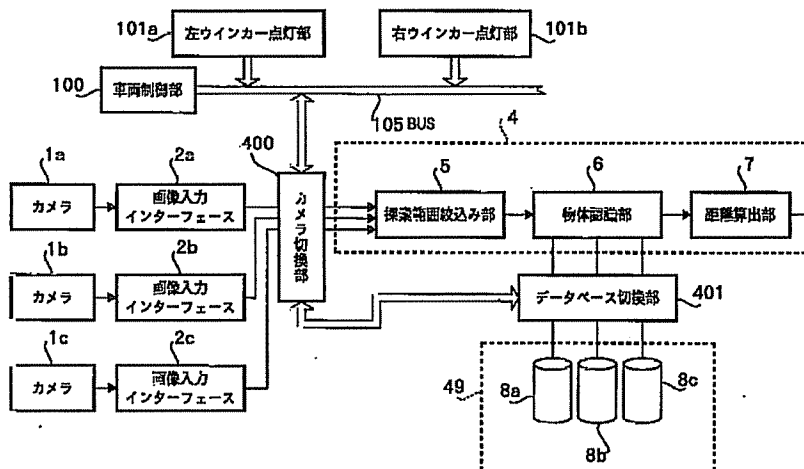
【図7】



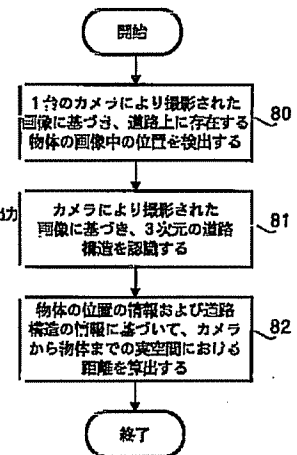
【図13】



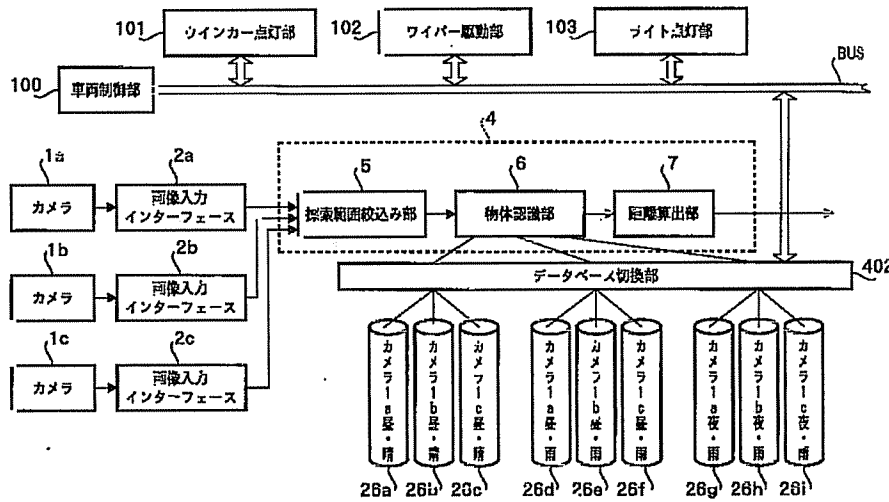
【図8】



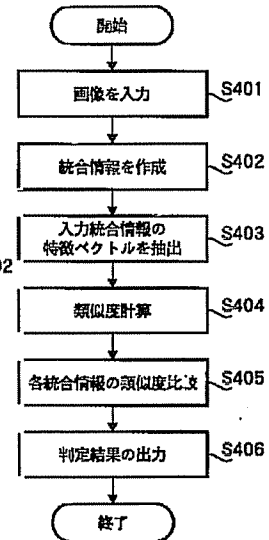
【図20】



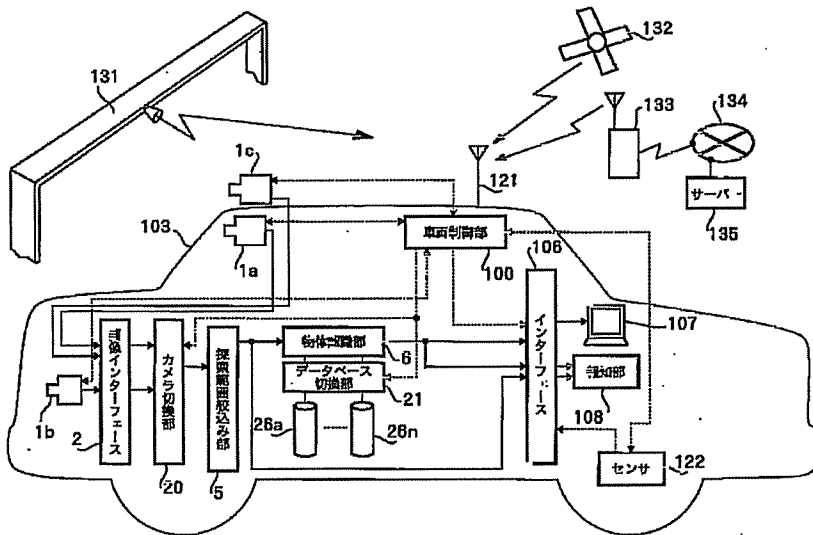
【図9】



【図30】

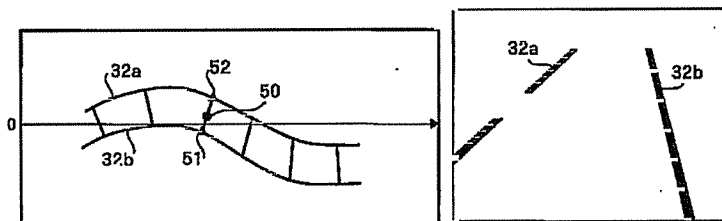


【図12】

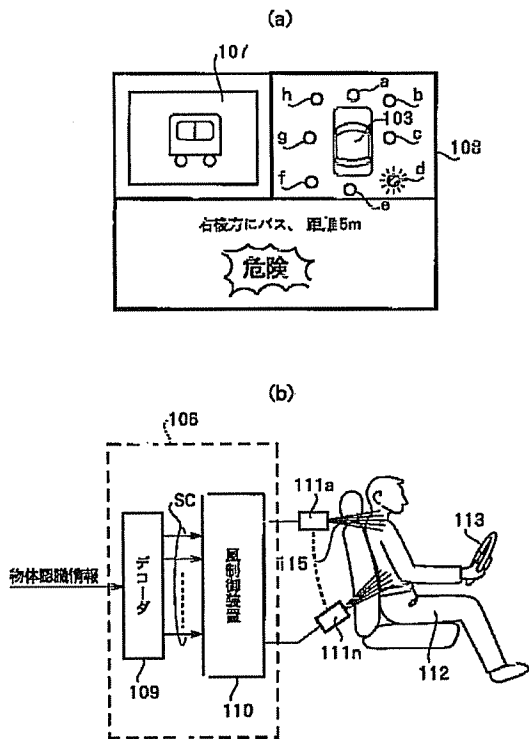


【図32】

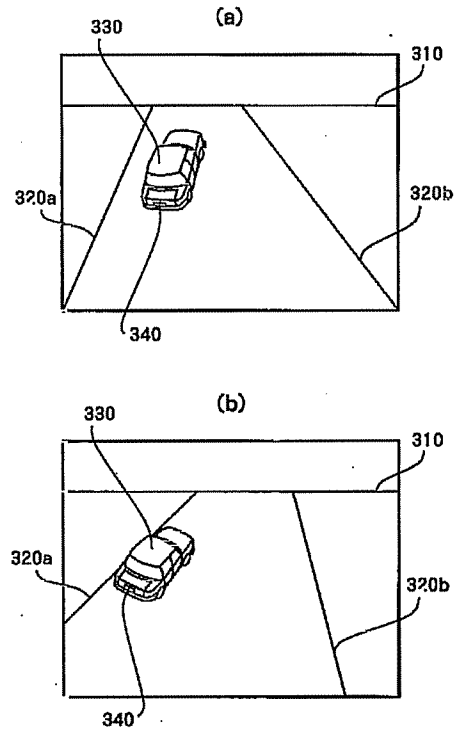
【図33】



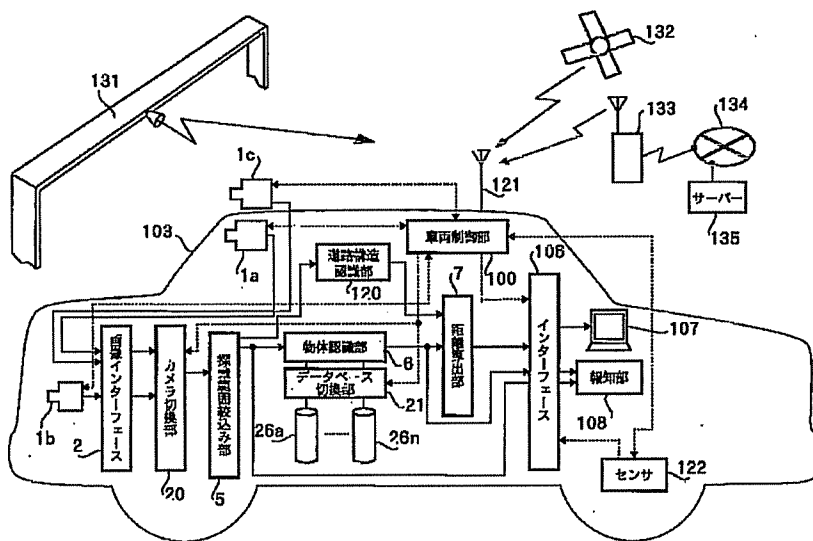
【図14】



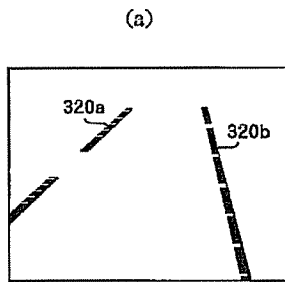
【図17】



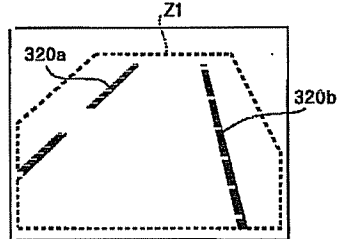
【図15】



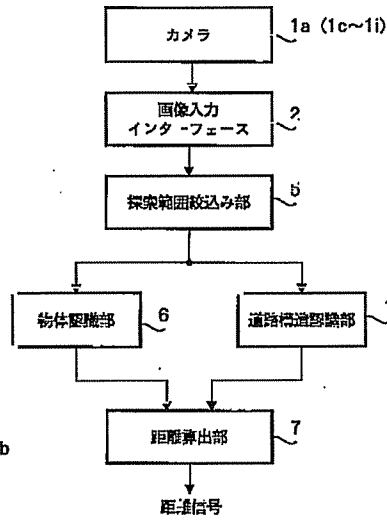
【図18】



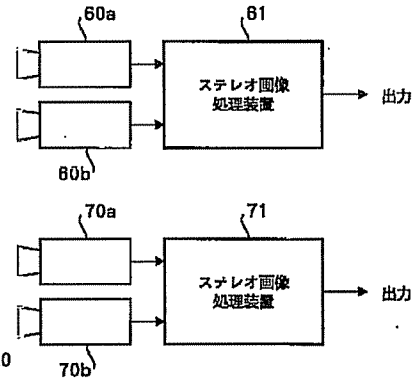
(b)



【図19】

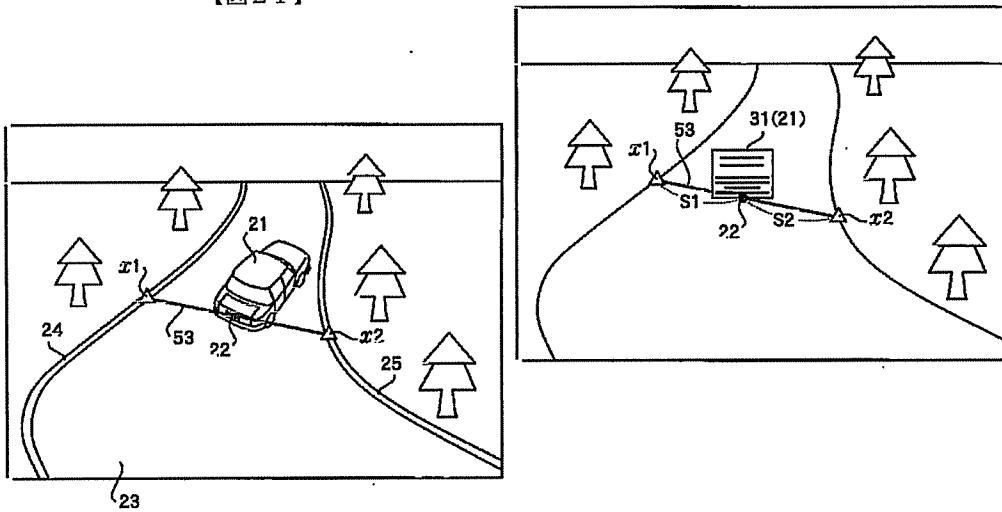


【図26】

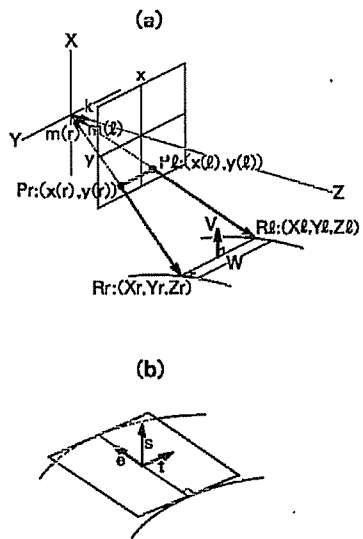


【図22】

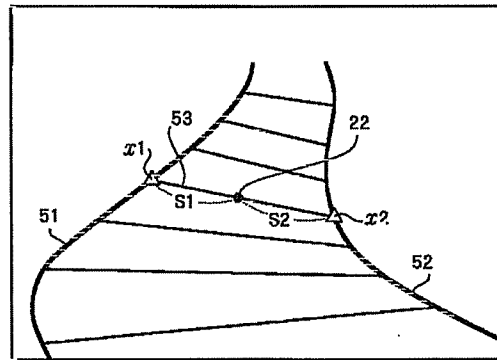
【図21】



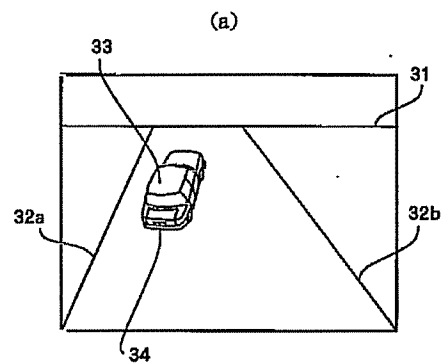
【図23】



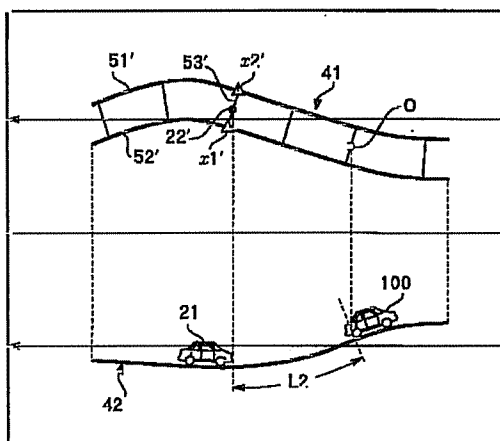
【図24】



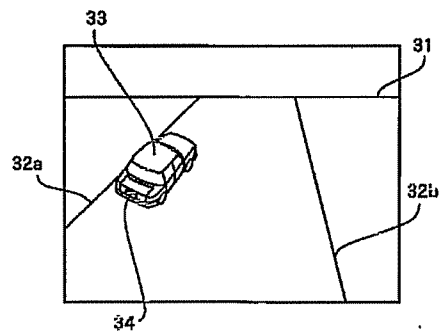
【図31】



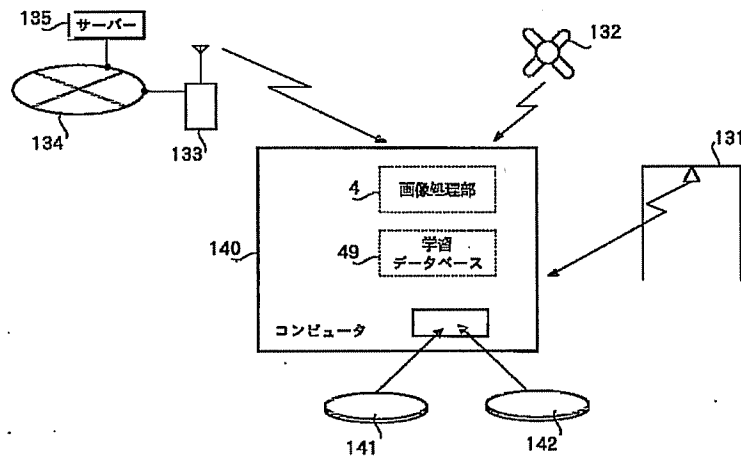
【図25】



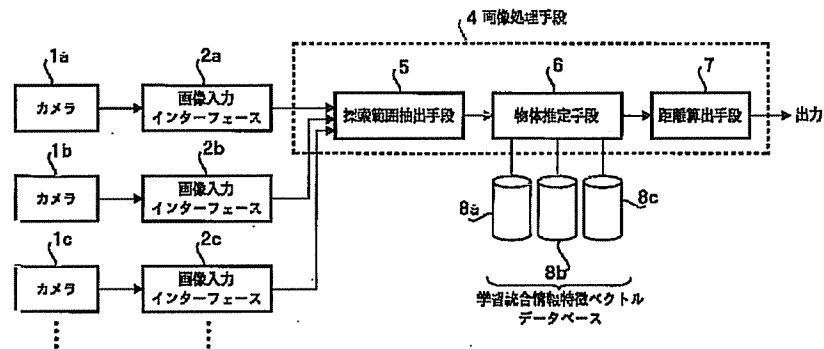
(b)



【図27】



【図28】



【図29】

